

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉLÉMENTS D'ANALYSE ET DE PLANIFICATION DU TRANSPORT EN
COMMUN EN LOINTAINE BANLIEUE DE MONTRÉAL

NICOLAS MONY

DÉPARTEMENT DES GÉNIES CIVIL, GÉOLOGIQUE ET DES MINES
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLÔME DE MAÎTRISE ÈS SCIENCES APPLIQUÉES
(GÉNIE CIVIL)

FÉVRIER 2011

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Ce mémoire intitulé:

ÉLÉMENTS D'ANALYSE ET DE PLANIFICATION DU TRANSPORT EN COMMUN
DANS LA LOINTAINE BANLIEUE DE MONTRÉAL

Présenté par : MONY Nicolas

en vue de l'obtention du diplôme de : Maîtrise ès sciences appliquées

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de :

M. SAUNIER Nicolas, Ph.D., président

M. CHAPLEAU Robert, Ph.D., membre et directeur de recherche

M. TANGUAY Nicolas, M.Sc.A., membre

REMERCIEMENTS

L’auteur remercie en premier lieu le professeur Chapleau pour avoir permis l’aboutissement de ce mémoire par son encadrement constant, mais subtil, et ses conseils critiques permettant d’aiguiller une autonomie qui responsabilise l’étudiant. Ses encouragements constants à produire rapidement ont été très profitables dans les périodes de creux. Les enseignements tirés de cette formation dépassent le simple contexte du transport et cette rencontre aura aussi permis de découvrir une société et son évolution dans la deuxième moitié du XXème siècle.

L’auteur remercie ensuite les différents membres du groupe MADITUC et en particulier Daniel Piché pour leur aide, leur disponibilité et leurs encouragements. Les occasions de collaborer avec eux ont toujours été profitables. La contribution d’Emanuel Dion-Goudreau est aussi à souligner.

L’auteur remercie aussi ses collègues de travail, Antoine, Marie-Christine, Louiselle, François G., Julien, François V. et Mohsen pour le partage et l’entraide qu’ils ont apportés. L’émulation rencontrée au bureau a eu une part importante dans le processus de formation.

Enfin, l’auteur adresse un grand merci à Cécile Retaureau, Pierre Legay et toutes les autres personnes qui l’ont accompagné et soutenu au cours de ce périple. Vous avez enduré avec patience une période de rédaction laborieuse.

RÉSUMÉ

La lointaine banlieue, région dans laquelle la part modale du transport en commun reste inférieure à 10%, malgré sa forte croissance, et où la pression de l'étalement urbain secoue toute notion d'accessibilité, rend la restructuration de l'offre de transport en commun à la fois complexe et nécessaire. Or cet environnement n'a que très peu fait l'objet d'analyses aussi structurées que celles que l'on trouve en milieu urbain. Même les enquêtes Origine-Destination métropolitaines traditionnelles ne disposent pas de suffisamment de données pour effectuer des simulations fiables et précises de réseau de transport en commun. Le CITL (Conseil Intermunicipal de Transport des Laurentides) se trouve être un exemple de choix de par sa situation géographique et par les ensembles de données qu'il offre, afin de dégager une approche méthodologique pertinente pour aborder la lointaine banlieue.

Cette approche passe par différentes instrumentations dont l'objectif est de clarifier les enjeux suivants : l'analyse des données de perception afin de décrire la variabilité de la demande de transport en commun; l'exploitation de l'Enquête Origine-Destination à bord afin de dresser le portrait de la clientèle du transport en commun en lointaine banlieue; la prise en compte des dernières données spatialisées de recensement, d'Enquête Origine-Destination métropolitaine et d'infrastructures de transport pour étudier la dynamique et la structuration de la population et de son territoire; une représentation de l'offre et de ses parcours afin de caractériser la conception qui a été faite du transport en commun en lointaine banlieue. L'originalité de cette recherche est donc d'adapter des méthodes non synthétiques d'analyse de transport en commun à un contexte peu étudié et aux ensembles de données qui lui sont propres.

Face à ces enjeux la recherche fait état des opportunités de pouvoir examiner diverses dimensions de la problématique d'un réseau de lointaine banlieue afin de toutes les caractériser et de dégager ce qui leur est spécifique par rapport à un réseau urbain. Dans ce cadre une attention particulière est apportée aux ensembles de données, à leur enrichissement mutuel et à leur confrontation. Ensuite une étude spatialisée fine des densités et des infrastructures routières permettent de décrire l'environnement dans lequel évolue le transport en commun de lointaine banlieue ainsi que l'évolution de cet environnement. Cette approche est renforcée par une caractérisation sociodémographique segmentée de la population résidente. L'état actuel du réseau est décrit par une représentation spatiale précise et hiérarchique de l'offre de service. La régularité de la

demande est traitée de manière statistique à partir des données de perception. Cette demande est elle-même analysée par le biais d'une catégorisation sociodémographique, par l'étude des principaux générateurs de déplacements, par l'accès qui se fait au réseau et la consommation des ressources mises en jeu par ce réseau. Ce dernier élément permet de donner des éléments de réflexion quant au partage du financement dans un milieu géopolitique complexe.

Ces différents éléments d'analyse apportent donc certaines lumières sur cet environnement fractionné, constitué de niches urbanisées dans un milieu rural et articulé autour des infrastructures lourdes de transport que sont les autoroutes. Dans ce contexte, l'offre de service développée est une combinaison entre une offre de rabattement mettant en jeu quelques véhicules par ligne et une offre plus intense dérivée des anciennes lignes interurbaines qui relient les centres des différentes municipalités. Cette offre de service public s'adresse pour la majorité à une clientèle ciblée et régulière de jeunes étudiants et fait souvent l'intermédiaire entre le bus scolaire et le passage à la voiture individuelle. La pénétration du transport en commun dans le cycle de vie des résidents est donc très limitée, à l'exception d'une clientèle plus âgée qui habite dans les rares centres urbains de la région.

ABSTRACT

In the distant suburbs, the modal split of public transit stays below 10% and the pressure of urban sprawl questions the notion of accessibility. The need of planning and restructuring the transit system has thus become complex but necessary. However, few studies have already analyzed the distant suburbs with the same level of precision and structure as one can find in urban centers analyses. Even the classic metropolitan origin-destination surveys lack data to enable precise simulations on the transit network. So the CITL (Conseil Intermunicipal de Transport des Laurentides) example is worth studying, due to its geography and the datasets it offers. The aim is to build a relevant methodological approach to describe this peculiar environment.

Several tools are built to develop this approach. Their goal is to clarify the following issues: describing the variability of the demand thanks to fare collection data; using the on-board survey to portray the transit demand; studying the relationship in space and time between a population and its territory with the latest road network and census data; characterizing the design of the bus network. The originality of this research paper is to adapt disaggregate transit analysis tools to this new context and to its data sets.

Facing these issues, this research paper presents the opportunity to study a transit network of distant suburbs, and to characterize it in its very uniqueness compared to an urban network. Within this framework, this research paper focuses on the datasets, their mutual enrichment and their confrontation. Then, a spatial study of the densities and the street network on their most accurate level describes the evolving environment of transit. This description comes along with a demographic segmentation of the residents. The current state of service supply has been represented spatially and hierarchically. Some statistical analysis of the demand variability is held. To get further with the transit demand, it has been demographically segmented, the main trip generators have been highlighted, access to bus stops has been studied, and network consumption has been derived.

Those different elements of analysis bring some light on this reticular environment composed of urbanized niches surrounded by rural lands and structured around heavy transportation facilities. With such a background, the transit supply has been developed as a combination of a converging network, served by a few vehicles along its routes, and a regional network inherited from the former interurban bus lines, with a more intense service. In distant suburbs, transit is mostly

directed toward a young clientele of students between 15 and 24 years old. In fact, transit makes the link between school bus and private car. So the market penetration of transit targets a very thin window, with the exception of an older clientele which comes from less urbanized centers of the area.

2.2.3	Migration du centre moyen des logements privés.....	24
2.2.4	Étude des points chauds dans la construction de logements privés	27
2.3	Caractérisation et développement des réseaux de transport en lointaine banlieue	29
2.3.1	Développement historique des réseaux lourds de transport dans les Laurentides	30
2.3.2	Caractérisation du réseau routier et définition d'un nouvel espace	33
2.3.3	Affiner la caractérisation de la densité et de l'accès à l'espace par le réseau routier : la densité d'intersection.....	41
2.4	Analyse de la demande générale de transport sur le territoire du CIT Laurentides	43
2.4.1	Étude des densités	43
2.4.2	Origines-Destinations sur le territoire du CITL et indépendances des territoires.....	48
2.4.3	Étude démographique de la mobilité sur le territoire du CITL	52
CHAPITRE 3	OFFRE DE TRANSPORT EN COMMUN	62
3.1	Définition des principaux objets d'un réseau de transport en commun	62
3.2	Ensemble de données	64
3.3	Disparité des propriétés des lignes	70
3.3.1	Différences opérationnelles.....	70
3.3.2	Différences géopolitiques.....	73
3.4	Hierarchisation de l'offre	75
3.4.1	Partitionnement de données avec Tanagra	76
3.4.2	Caractérisation des groupes de lignes obtenus	80
3.5	Analyse des ressources impliquées et du profil spatio-temporel de l'offre	83
3.5.1	Analyse des ressources consommées par le service tel qu'établi.....	83
3.5.2	Étude de profils spatio-temporels typiques pour les différents groupements d'offre	87
CHAPITRE 4	DONNÉES DE PERCEPTION ET VARIABILITÉ DE LA DEMANDE DE TRANSPORT EN COMMUN.....	95

4.1	Contexte	95
4.2	Présentation de l'ensemble de donnée	96
4.2.1	Principaux concepts.....	96
4.2.2	Principaux champs	98
4.2.3	Erreurs	99
4.2.4	Faits saillants	101
4.3	Variabilité temporelle de la demande.....	102
4.3.1	Représentation de l'achalandage comme une série temporelle.....	102
4.3.2	Calculs d'autocorrélation	106
4.3.3	Variabilité de l'achalandage entre les mêmes voyages.....	107
4.4	Localisation des transactions.....	109
4.4.1	Imputation de l'arrêt de montée	109
4.4.2	Représentation de l'activité sur le réseau	110
4.4.3	Migration du centre de gravité des transactions.....	114
CHAPITRE 5 ENQUÊTE À BORD		117
5.1	Contexte	117
5.2	Mode Opératoire	117
5.2.1	Cadre temporel	117
5.2.2	Questionnaires.....	118
5.3	Une base de déplacements.....	121
5.3.1	Principaux concepts.....	121
5.3.2	Expansion des données.....	122
5.3.3	Erreurs	125
5.4	Comparaison des séquences de titres entre GFI et l'enquête à bord.....	126

5.4.1	Principe de la méthode	126
5.4.2	Ensembles concordants	128
5.4.3	Classification des titres.....	128
5.4.4	Analyse et évaluation de la concordance des séquences pour un sous-ensemble de départs enquêtés	130
CHAPITRE 6 PORTRAIT DE LA DEMANDE DE TRANSPORT EN COMMUN		136
6.1	Caractérisation sociodémographique de la clientèle du Transport en Commun en lointaine banlieue	136
6.2	Analyse des lieux : Résidences, Générateurs	140
6.2.1	Lieux de Résidences.....	140
6.2.2	Générateurs de déplacements : lieux d'activité.....	142
6.3	Accès piéton au réseau	146
6.4	Profils de charges et consommation des ressources par la clientèle	156
6.4.1	Introduction et contexte.....	156
6.4.2	Imputation de l'arrêt de descente	157
6.4.3	Profils de charges	158
6.5	Part des Municipalités	165
6.5.1	Nombre de montants par municipalité	166
6.5.2	Corrélation entre l'arrêt de montée et la municipalité de résidence.....	167
6.5.3	Estimation des multiples comptages	171
6.5.4	Part des municipalités selon leur consommation du réseau	174
6.5.5	Comparaison des différentes méthodes de comptage et impact sur la part des municipalités	176
CONCLUSION		180
BIBLIOGRAPHIE		184

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 : Population et ménages des municipalités desservies par le CITL en 2006.....	16
Tableau 2.2 : Décompte des unités spatiales.....	18
Tableau 2.3 : Répartition des logements privés par période de construction dans la Couronne Nord.....	18
Tableau 2.4 : Distance moyenne au Centre-ville des nouvelles unités de logement privé en fonction des différentes périodes de construction dans la Couronne Nord.....	20
Tableau 2.5 : Nombre d'arcs de route par niveau dans la région métropolitaine de Montréal (frontières établies pour l'enquête OD 2008)	35
Tableau 3.1 : Dénombrement des principales entités de la base de données INFOMIT	70
Tableau 3.2 : Quelques indicateurs classiques de service pour les lignes du CITL. Données INFOMIT automne 2008.	71
Tableau 3.3 : Caractérisation géopolitique des lignes de transport en commun du CITL.	75
Tableau 3.4 : Clusters et leurs centroïdes pour les lignes de service RÉGULIER.	77
Tableau 3.5 : Clusters et leurs centroïdes pour les lignes de service SPÉCIAL.	78
Tableau 3.6 : Composition des différents clusters.	79
Tableau 3.7 : Résumé de quelques indicateurs par groupement de lignes et par période pour le réseau du CITL. Données INFOMIT 2008.	86
Tableau 4.1 : Nombre de transactions par jour.	96
Tableau 4.2 : Principaux champs de la base de données GFI.	99
Tableau 4.3 : Erreurs immédiates de la base de données GFI.....	100
Tableau 4.4 : Table de vérification de l'unicité des bus par départ par la moyenne des matricules de bus. Exemple de la ligne 8.....	101
Tableau 4.5 : Répartition des transactions enregistrées du 10 au 13 novembre sur le réseau du CITL par type de titre.....	102

Tableau 4.6 : Répartition des transactions enregistrées du 10 au 13 novembre sur le réseau du CITL par territoire de montée.	102
Tableau 4.7 : Extremums locaux de l'autocorrélogramme pour les différents groupements de lignes	107
Tableau 4.8 : Transactions quotidiennes dans les générateurs majeurs de déplacements.....	112
Tableau 5.1: Lignes de bus enquêtées par jour dans le cadre de l'Enquête à Bord CITL 2008. Source : documentation de l'enquête à bord, CITL 2010.	118
Tableau 5.2 : Facteur d'expansion et taux d'échantillonnage de l'enquête à bord du CITL de 2008 par circuit.....	124
Tableau 5.3 : Liste des titres utilisés lors de la codification de l'enquête à bord du CITL en 2008 et nombre d'occurrences dans chaque sous-ensemble concordant de données.....	129
Tableau 5.4 : Indices quantifiant la ressemblance séquence à séquence pour les titres de transport des 6 lignes du sous-ensemble coïncidant entre les données de perception et les données d'enquête à bord du CITL 2008.	133
Tableau 6.1 : Analyse des principaux générateurs des déplacements des répondants du CITL d'après l'enquête Origine-Destination à bord de 2008.....	145
Tableau 6.2 : Médiane et troisième quartile des distributions des distances d'accès piéton pour le réseau régional et local en fonction du statut dérivé et de la cohorte d'âge.	153
Tableau 6.3 : Nombre de Passagers-km par zone de résidence, par motif et par type de réseau.	161
Tableau 6.4 : Point de charge maximale en pointe du matin et sa composition en direction Aller.	163
Tableau 6.5 : Point de charge maximale en pointe du matin et sa composition en direction Retour.	163
Tableau 6.6 : Point de charge maximale en pointe du matin et sa composition pour les lignes en boucles ou opérées dans une seule direction.	164
Tableau 6.7 : Nombre de montants par municipalité et part de chaque municipalité d'après l'enquête à bord de 2008.....	166

Tableau 6.8 : Pourcentage des montants à l'arrêt issus de la même municipalité que l'arrêt. Récapitulatif par municipalité.	170
Tableau 6.9 : Nombre de montants par municipalité et part de chaque municipalité d'après le traitement par corrélation entre l'arrêt de montée et la municipalité de résidence des usagers.	171
Tableau 6.10 : Estimation du nombre de déplacements par municipalité et part de chaque municipalité d'après ce traitement.	174
Tableau 6.11 : Nombre de passagers-km par municipalité et part de chaque municipalité.	175
Tableau 6.12 : Variation des Parts municipales selon les quatre méthodes de calcul présentées.	176
Tableau 6.13 : Variation des contributions monétaires de chaque municipalité selon les quatre méthodes de calcul présentées.	177
Tableau 6.14 : Variabilité des parts et de leur variation selon les quatre méthodes de calcul présentées.	177

LISTE DES FIGURES

Figure 2-1 : Carte du territoire desservi par le CITL et densité brute de population en 2006.	15
Figure 2-2 : Distance euclidienne (en km) au Centre ville pour chaque AD	19
Figure 2-3 : Nombre de logements privés construits par période en fonction de la distance euclidienne au Centre-ville.....	21
Figure 2-4 : Nombre de nouveaux logements privés par an en fonction de la distance euclidienne au Centre-ville pour chaque période de construction.	21
Figure 2-5 : Nombre cumulé de logements privés en fonction de la distance euclidienne au CV et par période de construction.	22
Figure 2-6 : Densité brute de logements privés en fonction de la distance euclidienne au CV (km) et de la période de construction.....	23
Figure 2-7 : Surface des AD vierges de tout logement privé par période (en km ²). La surface totale de la zone est de 1294 km ²	24
Figure 2-8 : Évolution du centre moyen des logements privés de la Rive Nord en fonction des périodes de construction.....	26
Figure 2-9 : Ellipses d'agréations formées par la méthode de classification hiérarchique des voisinages. Chaque sous-ensemble est découpé selon la période principale de construction. Paramètres : minimum de 5 points par agrégat, distance aléatoire moyenne (p=50%)	29
Figure 2-10 : Densité (unités/km ²) de logements privés construits avant 1945 par aire de diffusion (données : Recensement canadien 2006) et lignes de trains de banlieue (occupent les emprises des anciennes lignes de trains interurbains).	31
Figure 2-11: Évolution de la densité du bâti (unités/km ²) en fonction des différents développements autoroutiers. Données du Recensement canadien de 2006.	32
Figure 2-12 : Densité de population dans la Région Métropolitaine de Montréal et en particulier sur la Rive Nord (Recensement canadien 2006) en hab./km ² et réseau routier principal (niveau 1 à 3).....	36
Figure 2-13 : Indice d'occupation du réseau routier pour 5 grands ensembles montréalais.....	37

Figure 2-14 : IOR _{Rp} IOR _{Tot} et densités brutes et réticulaires de la population et des logements privés (données du Recensement canadien de 2006)	38
Figure 2-15 : Indices d'occupation du réseau pour des municipalités de la Couronne Nord	40
Figure 2-16 : Densité d'intersections entre les routes avec nom de rang 4 dans la Grande Région de Montréal	42
Figure 2-17 : Densités réticulaires de personnes dans la Grande Région de Montréal et infrastructures majeures de transport en commun (Données : Recensement canadien de 2006).....	45
Figure 2-18 : Densité des 15-24 ans dans la Grande Région de Montréal (Données du Recensement canadien de 2006)	46
Figure 2-19 : Densités réticulaires d'emplois et de places dans les institutions éducationnelles estimées à partir des motifs des déplacements en pointe du matin. (Données : Enquête OD 2008).....	47
Figure 2-20 : Représentation des liens Origines-Destinations principaux par motif en pointe du matin pour les déplacements effectués vers le ou à partir du territoire du CITL	49
Figure 2-21 : Répartition du type de destination en fonction de la municipalité d'origine et du motif de déplacement en pointe du matin pour un jour moyen de semaine. (Données : Enquête OD 2008).....	51
Figure 2-22 : Courbes démographiques segmentées selon le statut principal des personnes pour les régions CITL, Laval et CUM Centre en 2008.	53
Figure 2-23 : Répartition des cohortes sexuées selon la taille et la motorisation de leur ménage d'appartenance pour le territoire du CITL en 2008.....	55
Figure 2-24 : Répartition des cohortes sexuées selon la taille et la motorisation de leur ménage d'appartenance pour le territoire de Laval en 2008.....	56
Figure 2-25 : Répartition des cohortes sexuées selon la taille et la motorisation de leur ménage d'appartenance pour le territoire du la CUM Centre en 2008.....	57
Figure 2-26 : Répartition des ménages du territoire du CITL en fonction de la taille du ménage et de la possession automobile en 2008 (Données : Enquête OD métropolitaine).	59

Figure 2-27 : Répartition des ménages d'une certaine taille selon leur motorisation en 2008.....	59
Figure 2-28 : Courbe démographique segmentée par mode de déplacement vers l'activité principale pour le territoire du CITL en 2008.	60
Figure 3-1 : Horaire des voyages de la ligne 9 d'après le site internet du CITL.	65
Figure 3-2 : Tracé numéro 2 de la ligne 9 d'après le site internet du CITL.	65
Figure 3-3: Lignes de bus desservant Saint-Jérôme (Secteur Nord). Données INFOMIT automne 2008.....	66
Figure 3-4 : Lignes de bus desservant le Secteur Centre. Données INFOMIT automne 2008.....	67
Figure 3-5 : Lignes de bus desservant le Secteur Ouest. Données INFOMIT automne 2008.....	68
Figure 3-6 : Diagramme espace-temps des lignes 1, 2, 3, 4, 5 et 7. Données INFOMIT automne 2008. Zoom sur les deux premières séries de départs de la journée.	69
Figure 3-7 : Besoin en véhicule calculé par tranche de 5 min pour la ligne 9. Données INFOMIT automne 2008.	72
Figure 3-8 : Réseau du CITL et regroupements hiérarchiques présents en période de pointe.....	81
Figure 3-9 : Réseau du CITL et regroupements hiérarchiques présents hors-pointe.	82
Figure 3-10 : Définition de la direction Aller et Retour. Trigrammes d'abréviations municipales.	84
Figure 3-11 : Diagramme espace-temps de la ligne 9 (groupement 1).	88
Figure 3-12 : Diagramme espace-temps de la ligne 27 (groupement 2).	88
Figure 3-13 : Diagramme espace-temps de la ligne 1 (groupement 3).	89
Figure 3-14 : Diagramme espace-temps de la ligne 24 (groupement 4).	89
Figure 3-15 : Diagramme espace-temps de la ligne 51 (groupement 5).	89
Figure 3-16 : Tableau de temps de marche de la ligne 1 (groupement 3). Données INFOMIT automne 2008.....	90
Figure 3-17 : Tableau de temps de marche de la ligne 9 (groupement 1). Données INFOMIT automne 2008.	91

Figure 3-18 : Tableau de temps de marche de la ligne 27 (groupement 2). Données INFOMIT automne 2008.	92
Figure 3-19 : Tableau de temps de marche de la ligne 51 (groupement 5). Données INFOMIT automne 2008.	93
Figure 4-1 : La rencontre usager-chauffeur conduit à la création d'un enregistrement GFI.	97
Figure 4-2 : Notions gravitant autour de la création d'une transaction par une machine de perception.	98
Figure 4-3 : Variabilité temporelle de l'achalandage sur la ligne 9 du CITL d'après les données de perception.	103
Figure 4-4 : Variabilité temporelle de l'achalandage sur le réseau régional du CITL d'après les données de perception.	104
Figure 4-5 : Variabilité temporelle de l'achalandage sur le réseau local et local spécial du CITL d'après les données de perception.	104
Figure 4-6 : Autocorrélogrammes de la ligne 9.	106
Figure 4-7 : Aperçu du visualisateur d'achalandage départ par départ pour l'ensemble des lignes- directions du CITL.	108
Figure 4-8 : Représentation du coefficient de variation de l'achalandage de chaque départ en fonction de sa moyenne.	108
Figure 4-9 : Méthode graphique pour spatialiser les données GFI.	110
Figure 4-10 : Transactions sur l'ensemble du réseau du CITL du 10 au 13 novembre 2008.	111
Figure 4-11 : Transactions sur les trois secteurs du territoire du CITL du 10 au 13 novembre 2008.	112
Figure 4-12 : Comparaison des lieux de montée entre la pointe du matin et la pointe du soir d'après les données de perception recueillies du 10 au 13 novembre 2008.	113
Figure 4-13 : Migration heure par heure du Centre Moyen des transactions sur le réseau du CITL.	115

Figure 4-14 : Centre moyen des transactions et ellipse de dispersion des centres moyens quotidiens heure par heure.	116
Figure 5-1 : Numérotation séquentielle des questionnaires de l'Enquête à Bord du CITL 2008.	119
Figure 5-2 : Questionnaire et catégorisation des renseignements obtenus lors de l'enquête à bord du CITL en 2008.	120
Figure 5-3 : Principaux objets et attributs de l'enquête à bord CITL 2008	122
Figure 5-4 : Concordance dans la création des données de perception et d'enquête lors de l'enquête à bord du CITL en 2008.	127
Figure 5-5 : Comparaison des séquences de titres entre les données GFI et les données d'enquête à bord pour la ligne 1	131
Figure 5-6 : Influence de l'achalandage sur les indices quantifiant la correspondance entre les séquences de titre de transport obtenues à partir des données de perception et d'enquête à bord.....	134
Figure 6-1 : Courbe démographique des montants sur le réseau du CITL, segmentée par le statut dérivé du motif, d'après l'enquête Origine-Destination à bord de l'automne 2008 et comparée aux courbes démographiques des usagers du transport en commun de Laval et de la CUM Centre (Enquête OD montréalaise de 2008).	137
Figure 6-2 : Répartition de chaque cohorte et de l'ensemble des répondants par statut d'après l'Enquête à bord réalisée par le CTIL en 2008.	138
Figure 6-3 : Répartition des cohortes d'âges des répondants à l'enquête selon la motorisation du ménage d'après l'enquête à bord menée par le CITL en 2008.	138
Figure 6-4 : Densité de grille des lieux de résidences par statuts dérivés des répondants. Données d'enquête à bord CITL 2008.	141
Figure 6-5 : Densité de grille des destinations des répondants pour le motif étude.	142
Figure 6-6 : Densité de grille des destinations des répondants pour le motif Travail.	143
Figure 6-7 : Densité de grille des destinations des répondants pour motif Autres (sans retour à domicile).	144

Figure 6-8 : Principaux terminus du réseau du CITL.....	148
Figure 6-9 : Diagrammes par quantiles des distributions de distances d'accès piéton pour le réseau régional en fonction de la direction.....	149
Figure 6-10 : Diagrammes par quantiles des distributions de distances d'accès piéton pour le réseau régional et local en fonction du type d'arrêt.....	150
Figure 6-11 : Application des distances buffer dérivées du troisième quartile de la distribution des distances d'accès.....	152
Figure 6-12 : Pourcentage cumulé des montants en pointe du matin selon la distance d'accès piéton et selon le statut dérivé. Réseau régional et local du CITL.....	154
Figure 6-13 : Pourcentage cumulé des montants en pointe du matin selon la distance d'accès piéton et selon la cohorte d'âge. Réseau régional et local du CITL.....	155
Figure 6-14 : Différentes possibilités d'association pour l'obtention de l'arrêt de correspondance le plus probable dans l'enquête à bord du CITL de 2008.....	158
Figure 6-15 : Profil de charge par ligne direction et pour tous motifs en pointe du matin appliqué au réseau du CITL organisé par groupements de lignes.	159
Figure 6-16 : Profil de charge par ligne-direction en fonction du motif du déplacement, appliqué au réseau du CITL en pointe du matin.	160
Figure 6-17 : Profil de charge par ligne-direction en fonction du lieu de résidence de l'utilisateur, appliqué au réseau du CITL en pointe du matin.	160
Figure 6-18 : Part de chaque municipalité dans l'achalandage aux arrêts en pointe du matin sur l'ensemble du territoire.....	168
Figure 6-19 : Part de chaque municipalité dans l'achalandage aux arrêts en pointe du matin, zoom sur la zone Centre.....	169
Figure 6-20 : Matrice des coefficients de correspondance entre les différentes lignes du CITL.	173

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

AD	Aire de Diffusion
AOT	Autorité Organisatrice de Transport
BLA	Blainville
BDF	Bois-des-Filions
BOI	Boisbriand
CIT	Conseil Intermunicipal de Transport
CITL	Conseil Intermunicipal de Transport des Laurentides
CV	Centre-ville
DMO	Deux-Montagnes
ERR	Espace desservi par le Réseau Routier
IOR	Indice d'Occupation du Réseau routier
LOR	Lorraine
LVL	Laval
MIR	Mirabel
MTL	Montréal
OKA	Oka
PCA	Pointe-Calumet
RMR	Région Métropolitaine de Recensement
ROS	Rosemère
SAP	Sainte-Anne-des-Plaines
SDR	Subdivision de Recensement
SEU	Saint-Eustache
SJL	Saint-Joseph-du-Lac

SJM	Saint-Jérôme
SML	Sainte-Marthe-sur-le-Lac
SR	Secteur de Recensement
STR	Sainte-Thérèse
TAZ	Traffic Analysis Zone
TER	Terrebonne

INTRODUCTION

Les territoires occupés par la lointaine banlieue des grandes métropoles nord-américaines ont très longtemps été des terres quasiment désertes, transformées petit à petit en zones de peuplement essentiellement agricoles au cours du XIX^{ème} siècle. Puis dans la deuxième moitié du XX^{ème} siècle, le peuplement de ces zones s'est considérablement intensifié avec l'arrivée d'autoroutes les reliant au Centre-ville et l'essaimage de vastes zones résidentielles rendues mythiques dans la culture populaire par le cinéma, la télévision ou encore la musique. Ces territoires autrefois distincts du Centre-ville se retrouvent petit à petit intégrés dans une logique métropolitaine. La lointaine banlieue nord de Montréal et particulièrement les Basses-Laurentides est un bon exemple de cette dynamique. Elle a été développée dans un premier temps grâce à l'action d'Antoine Labelle, curé de Saint-Jérôme, autour de l'agriculture, de l'industrie forestière et d'une première ligne de chemin de fer. L'impulsion vers le Nord qu'il a donnée aux canadiens français se rapproche, toutes proportions gardées, du «Go West» américain. Puis à partir des années soixante et l'arrivée de l'autoroute 15, le développement s'est considérablement intensifié profitant d'une délocalisation de la population de Montréal, à tel point qu'une loi a été mise au point pour protéger les terres agricoles fertiles de la Rive Nord. Aujourd'hui, ce sont plus d'un million de personnes (Agence Métropolitaine de Transport, 2010) qui résident sur le vaste territoire que représentent les deux Couronnes.

Parallèlement à cette métamorphose du territoire métropolitain, le transport en commun a connu lui-même sa propre évolution. D'entreprise privée lucrative, il est devenu déficitaire dans les années 1970 au Québec et est donc passé sous tutelle des collectivités locales. Le financement des projets par l'argent public a entraîné le début des exercices de planification essentiellement dans la région de Montréal. Dans la banlieue, ce transfert s'est fait plus tardivement et c'est dans les années 1980-1990 que les lignes interurbaines ont cédé la place à une desserte de transport en commun. Les Conseils Intermunicipaux de Transport (CIT) ont alors vu le jour dans les Couronnes. Le Conseil Intermunicipal de Transport des Laurentides (CITL) s'inscrit dans ce cadre de développement du transport en commun dans les Couronnes de Montréal : créé en 2004 il résulte de la fusion de quatre autres CIT. Il regroupe aujourd'hui 15 municipalités qui se sont mises ensembles afin de planifier et d'organiser le service de transport en commun. L'opération de la flotte de véhicule est laissée par contrat à des opérateurs privés.

Alors, face à cette logique d'étalement urbain qui secoue toute notion d'accessibilité et aux évolutions politiques de l'organisation du transport en commun, la restructuration et la planification de l'offre de transport en commun est rendue nécessaire et complexe. D'autant plus qu'une part modale du transport en commun de quelques pourcents – 4.8% pour les déplacements en transport en commun parmi les déplacements motorisés (période de 24 heures, tous motifs, origine des déplacements dans les Couronnes) d'après l'Enquête Origine-Destination montréalaise de 2008 - empêche les enquêtes Origine-Destination métropolitaine de disposer de suffisamment de données pour effectuer des simulations précises. La lointaine banlieue a donc fait l'objet de très peu d'analyses aussi structurées que celles que l'on retrouve en milieu urbain. Cependant, en ayant effectué une enquête à bord de ses bus et en mettant à disposition de travaux de recherches des données de perception, le CITL offre une richesse de données qui peut permettre des analyses fines de son système de transport. Le CITL se trouve donc être un exemple de choix vis-à-vis de sa situation géographique et des ensembles de données offerts pour dégager une approche méthodologique pertinente afin d'aborder la lointaine banlieue. L'objectif de ce travail sera donc double. D'une part on cherchera à dégager la spécificité du transport en commun par autobus en lointaine banlieue, tant du point de vue de l'offre que de la demande, du territoire et de son histoire. D'autre part on cherchera à développer et à exhiber des méthodes d'analyses suffisamment précises et simples pour qu'elles soient applicables dans ce contexte particulier. Ces méthodes profiteront de l'approche informationnelle et désagrégée propre à l'environnement montréalais.

Le développement prendra donc l'articulation suivante. Tout d'abord un premier chapitre d'études bibliographiques permettra d'approcher le sujet et de le situer dans son contexte de recherche. Ensuite, un chapitre dressera le portrait du territoire et de l'histoire de la lointaine banlieue nord de Montréal. Ce portrait se fera en étroite liaison avec le réseau routier et permettra d'approcher finement la question des densités dans un espace aussi disparate. Le chapitre 3 portera lui sur l'offre de service. Il introduira une caractérisation hiérarchique du réseau à l'aide des techniques d'apprentissage automatique. Puis deux chapitres viendront détailler les ensembles de données que sont les données de perception et l'enquête à bord. Le chapitre sur les données de perception viendra aussi apprécier la variabilité de la demande. Enfin la chapitre 6 conclura ce travail par une analyse de la demande telle que révélée par l'enquête à bord.

L'analyse portera autant sur les caractères sociodémographiques de la demande que sur les générateurs, l'accès exprimé, le chargement du réseau et la partage des ressources entre municipalités. L'ensemble de ces chapitres s'efforcera de montrer comment ces ensembles de données permettent de répondre à de nombreux questionnements quant au transport en lointaine banlieue et peuvent aider à la prise de décision dans des choix de planification.

CHAPITRE 1 ÉTAT DES QUESTIONNEMENTS

L'objet de ce chapitre est de situer le contexte de recherche dans lequel s'inscrit ce travail et de faire l'examen des différentes approches développées quant à l'analyse et à la planification du transport en commun en lointaine banlieue. On fera donc état de la littérature abordant à la fois le contexte d'étude (approche montréalaise, lointaine banlieue) et certains outils utilisés (études des densités, accessibilité, données de perception).

1.1 Le contexte montréalais

Il paraît indispensable de présenter le contexte montréalais de planification et d'analyse des transports ainsi que la recherche ayant été menée dans cet environnement. Bien sûr, cette approche reste très liée à la situation géographique et historique dans laquelle elle s'est développée, et on n'abordera pas les questions de transférabilité des approches particulières.

1.1.1 Développement historique

Dans les années soixante, période d'intense développement dans les transports urbains dans la région de Montréal, une certaine méfiance des planificateurs face à des modèles purement synthétiques a poussé les organisateurs de transport à mener des enquêtes Origine-Destination (OD) sur les ménages de la région de Montréal afin de remplir des matrices OD (Chapleau, Allard, Trépanier, & Morency, 2001). Cependant cette approche reste dans le paradigme agrégé. L'évolution conceptuelle des modèles reste à cette époque bridée par les limitations technologiques et le modèle séquentiel classique à quatre étapes se répand. La notion de planification prend réellement le jour au Québec dans les années 1970 mais reste limitée.

Le développement de la microinformatique dans les années 80, l'apparition de bases de données très finement spatialisées (Recensement canadien, correspondances avec les Codes Postaux,...) et l'augmentation en précision des enquêtes Origine-Destination rend l'approche agrégée contraignante et insatisfaisante. Chapleau développe alors ce qui sera appelé l'Approche Totalement Désagrégée et qui régit encore la façon de traiter les transports dans la région de Montréal et dans les principales agglomérations du Québec de nos jours (Chapleau, 1992a). Parallèlement Chapleau et ses associés développent la suite de logiciel MADITUC (Modèle

d'Analyse Désagrégée des Itinéraires de Transport Urbain Collectif) afin de rendre opérationnelle cette nouvelle conceptualisation de la modélisation et de l'analyse des systèmes de transport.

1.1.2 L'approche désagrégée

Cette approche, liée à la notion de déplacement désagrégé, se caractérise sous deux aspects (Chapleau, 1992a) :

- Tout d'abord l'utilisation des coordonnées x-y et non de zones pour décrire les extrémités des déplacements. Ceci permet de s'affranchir de tous les effets de zones qui alimentaient grandement la critique des méthodes agrégées. La synthèse des analyses par groupements spatiaux reste encore possible, mais l'analyste est maître de son agrégation aidée par les fichiers de correspondances entre les différents découpages géographiques du territoire.
- Ensuite le traitement individuel des déplacements, en conservant l'itinéraire complet ainsi que les propriétés sociodémographiques de la personne. Grâce à l'itinéraire, on peut obtenir des structures modales et des trajectoires plus complexes que dans le paradigme agrégé. En outre les flots obtenus ne seront plus anonymes mais teintés par toutes les propriétés des personnes.

Cette approche donne la priorité à l'information qui a été recueillie par une enquête sur les données synthétiques. On parle alors d'une approche informationnelle. Elle a été largement appliquée à différents contextes canadiens (Montréal, Québec, Toronto,...) grâce à la suite de logiciels MADITUC développée en parallèle.

1.1.3 L'ensemble MADITUC

Le logiciel MADITUC - tronçon principal d'un ensemble plus vaste de logiciels - permet de modéliser les réseaux de transport en commun et d'y affecter les déplacements. Il a évolué en fonction des développements technologiques, notamment l'apparition des SIG (Système d'information Géographique), et comprend plusieurs modules et outils qui permettent :

- De représenter et de codifier graphiquement et interactivement les réseaux de transport
- De calculer les ressources nécessaires pour opérer l'offre de service ainsi codifiée.

- D'analyser la demande de façon désagrégée grâce aux itinéraires de déplacement. Un module de segmentation permet en outre d'étudier une catégorie particulière de la demande.
- De visualiser et de vérifier les déplacements déclarés en adéquation avec le réseau.
- De simuler des variations dans le réseau.
- De produire un chargement sur le réseau afin de visualiser les profils de charge et d'obtenir des mesures de performance d'un système de transport en commun.

Autour de cet élément central s'articulent différents logiciels dont les utilités sont multiples :

- Un module d'aide au recueil de données par enquête téléphonique. Cet outil permet à la fois d'entraîner les enquêteurs, de permettre une première validation des données au moment même de l'interview téléphonique, de suivre quotidiennement la construction de l'échantillon et d'évaluer la performance et la productivité des enquêteurs.
- Plusieurs modules de communication interactive de l'information et de l'analyse. Dans un contexte nord-américain où la visualisation et l'interactivité jouent un rôle pédagogique très fort, de tels outils sont capitaux pour amener de l'information aux preneurs de décisions, experts d'un contexte particulier, ou aux non initiés.
- Un module de simulation de la demande par facteurs de croissance. Outil résultant d'un mandat de prévision de la demande de transport à moyen terme en 1994, il permet de rendre compte d'une évolution d'une population et de ses besoins en transport à partir d'une situation connue (Chapleau, Bergeron, & Trépanier, 1994).

Avoir un ensemble connexe de logiciels aussi vaste se comprend dans le contexte montréalais où le besoin de créer un espace cognitif commun entre les différents agents métropolitains a été primordial (Chapleau, et al., 2001).

1.2 Le contexte rural

Ce qu'on appelle lointaine banlieue, correspond dans la région de Montréal à une région mixte de petits centres urbanisés, de zones résidentielles et de terres agricoles. Le transport en commun y est marginal. Tous ces éléments font que ce contexte rejoint fortement le contexte rural. Dans cet environnement les enquêtes Origine-Destination téléphoniques déployées dans la région

métropolitaine de Montréal se montrent imprécises pour décrire finement la demande de transport en commun. D'autres outils sont nécessaires, comme des enquêtes à bord (Chapleau, et al., 2001). Malgré cette difficulté Chapleau et Morency ont tout de même fait une démonstration des apports de la méthode désagrégée et des outils de simulation et d'analyse MADITUC aux dirigeants des CIT à l'aide des données d'enquête Origine-Destination classique (Chapleau & Morency, 2000a). Lors de cette démonstration, de nombreuses problématiques ont été abordées, comme le portrait sociodémographique de la population et de sa mobilité, la consommation du réseau par les usagers, l'accès en fonction des données de recensement, l'accessibilité au Centre-ville ou l'utilisation des ponts. Cet exposé, outre confirmer toute la potentialité de l'approche désagrégée pour analyser des situations diverses de transport, permet d'affirmer des tendances lourdes sur l'évolution de la population et de sa mobilité. Tout d'abord les auteurs font ressortir des tendances spatiales en comparant la situation des Couronnes (lointaine banlieue) à celle du reste de la métropole :

- La taille des ménages et la motorisation des ménages augmentent avec l'éloignement au Centre-ville. La structure familiale dominante en lointaine banlieue explique cette taille supérieure.
- La structure familiale se traduit aussi par une population plus jeune en moyenne dans les Couronnes, où les moins de 15 ans sont en proportion importante et les plus de 65 ans sont plus rares.
- La part modale du transport en commun, qui diminue avec la distance au Centre-ville, se retrouve donc comme étant la plus faible en lointaine banlieue. Celle-ci est de l'ordre de 5%.

Cependant la réalité des questions de mobilité n'est pas unique, quelque soit la région d'étude. Dans le cadre de la lointaine banlieue, Chapleau et Morency utilisent le biais de la période de construction des logements à la fois pour figurer l'étalement urbain et pour distinguer les différences de comportements entre les populations habitant les centres anciens et celles habitant les développements domiciliaires plus récents dans la Grande Région de Montréal. Le développement historique d'un territoire joue donc un rôle capital dans la mobilité exprimée actuellement par une population.

Cette recherche détaillée s'inscrit dans le contexte montréalais défini plus tôt. Ailleurs ce sont plutôt des efforts sur des modèles synthétiques qui sont menés. Ces modèles traduisent souvent un manque de données aussi précises. L'exemple de l'état de Floride aux États-Unis est assez emblématique des efforts algébriques entrepris en vue de planification du transport en commun. Pendyala et Rubaka ont ainsi mis au point en 2000 un modèle de planification à court terme qui permet de prévoir l'achalandage au niveau de chaque ligne et de paramétrer l'offre de service sur la demande modélisée (Pendyala & Ubaka, 2000). Ce modèle baptisé «Integrated Transit Demand and Supply Model» (ITUSP), jongle itérativement entre trois types d'équations : une estimation de la demande globale en fonction de variables sociodémographiques et de l'offre, une répartition de cette demande entre les différentes lignes, l'adaptation de l'offre à la demande. Si le modèle est suivi d'une représentation graphique dans un Système d'Information Géographique (SIG), le professionnel, confronté à un tel outil, jouit de peu de liberté d'adapter la proposition à son contexte particulier.

Plus récemment, et toujours dans le contexte floridien, Pendyala, Kikamura et Kituchi ont apporté plus de raffinement aux modèles de prévision de la demande en implémentant un modèle d'activité baptisé FAMOS (Florida Activity Mobility Simulator) (Pendyala, Kitamura, & Kikuchi, 2004). Celui-ci se base sur une génération d'une population à partir de données zonales sur les ménages. Grâce à un module de simulation basé sur le concept du prisme espace-temps de Hägerstrand (1970), les auteurs dérivent des matrices Origine-Destination par motif et période de la journée. Ces matrices sont ensuite rentrées dans un modèle séquentiel classique à quatre étapes pour affecter la demande sur le réseau multimodal. Les auteurs mettent ainsi en place un système algébrique très raffiné pour prévoir la demande couplé avec une procédure d'affectation agrégée dont les failles ont déjà été relevées. En outre, le transport en commun en Floride est à rapprocher de la situation de la lointaine banlieue de Montréal : les environnements sont quasiment ruraux. Un modèle synthétique d'étude de la demande de transport reste peu adapté pour étudier la mobilité d'une part marginale de cette demande que sont les usagers du transport en commun. De plus la place laissée à l'interprétation par l'expert de la situation particulière, que sont par exemple les professionnels du transport local ou les élus, est minime.

Malgré les désavantages des modèles algébriques ceux-ci permettent d'obtenir un support sur lequel les professionnels peuvent travailler malgré le manque de données. Il paraît cependant peu probable que les planificateurs de petites agences rurales s'approprient complètement des modèles

aussi complexes nonobstant leur beauté mathématique et leur intérêt algébrique. C'est pourquoi d'autres auteurs préconisent des méthodes beaucoup plus interactives où la partie algébrique est là pour poser des guides et non imposer des solutions. C'est l'approche utilisée par Simard, Springate et Casello dans leur résolution du «Transit Network Design Problem» (Simard, Springate, & Casello, 2009). Les auteurs ont mis au point deux modules :

- Le premier permet de regrouper les différentes Traffic Analysis Zones (TAZs) selon des critères socio-économiques et de densité pour créer des centres de résidences et d'activités. Une matrice Origine-Destination entre les différents centres est alors calculée par un modèle à quatre étapes et les lignes de désirs sont représentées par un SIG. L'utilisateur peut alors dessiner ses lignes de transport en commun grâce à ces lignes guide. L'outil permet ensuite d'estimer les coûts d'opération du réseau ainsi trouvé.
- Le deuxième outil permet alors d'évaluer la performance du système de transport vis-à-vis de la demande. Il permet un chargement sur les liens et la déduction des temps de parcours et des temps de transferts en particulier.

Même si cette approche reste basée sur des données synthétiques, elle permet à une personne connaissant bien le contexte d'étude d'adapter les suggestions du module algébrique à son expérience propre. À nouveau l'utilisation de l'algèbre vient palier un manque d'information.

L'étude du territoire du Conseil Intermunicipal de Transport des Laurentides (CITL) apparaît dès lors comme privilégiée. L'opportunité d'avoir accès à la fois à des données de perception et à une enquête à bord permet de disposer d'une information suffisante pour réduire le plus possible les imputations algébriques.

1.3 Densité, transport et étalement urbain

La première étude liant densité et choix modal a été celle menée à Chicago en 1956. La Chicago Area Transportation Study (CATS) de 1956 a, la première, exprimée l'achalandage de transport en commun comme une fonction de la densité de population et de la motorisation (Chicago Area Transportation Study, 1959, 1960, 1962). Elle postulait aussi l'existence d'un seuil de densité en deçà duquel le transport en commun ne serait pas viable. L'influence de la densité sur le transport en commun a alors largement été étudiée dans la littérature. Cet intérêt s'explique pour différentes raisons. D'une part la densité renvoie aux aspects les plus fondamentaux de l'accès au

transport en commun (Spillard & Rutherford, 1990). Si les usagers ont une distance maximale d'accès, plus le nombre de personnes situées à cette distance du service est important plus l'achalandage peut potentiellement être important. Ensuite la densité est liée à d'autres facteurs sociodémographiques fondamentaux dans les calculs de répartitions modales, comme la taille des ménages ou la motorisation (Frank & Pivo, 1994). L'analyse de la relation entre densité et achalandage du transport en commun a aussi souvent été menée pour déterminer le seuil de viabilité du transport en commun. Newman et Kenworthy l'ont estimé à 30 hab./km² en montrant un graphique qui compare différentes villes du monde et où l'utilisation de la voiture augmentait exponentiellement en dessous de ce seuil (Newman & Kenworthy, 1989).

Cependant, certains auteurs cherchent à nuancer ce dictat de la densité sur les études de transport. En effet Mees, par exemple, critique le calcul de la densité lui-même en relevant le manque d'harmonisation des données entre les différents pays ou villes comparées (Mees, 2009). En outre ce calcul revient à diviser une grandeur par une unité d'espace. Le choix même de cette unité par l'expérimentateur conditionne grandement le résultat. Lors de calcul de densité brute sur de grands territoires on ne rend pas compte de la réalité locale du transport en commun puisqu'on considère des personnes et des zones qui ne sont pas forcément desservies.

Parallèlement à l'étude de la densité, l'aspect développé en accord avec la vision fondamentale de l'accès piéton (Spillard & Rutherford, 1990) est celui de l'utilisation du sol et de l'environnement piétonnier. Cervero et Kockelman font ainsi appel à leur «3Ds», à avoir «Density, Diversity, Design», pour décrire le taux de déplacements motorisés et la répartition modale (Cervero & Kockelman, 1997). Ils utilisent différents facteurs pour décrire l'environnement bâti, comme la densité de population ou d'emploi (densité), la densité de magasins, de parcs, de centres d'activité ou d'unités mixtes (diversité), la proportion d'intersections à 4 voies, la taille des blocs, la largeur des trottoirs (design). Tous ces facteurs renvoient à l'accessibilité et à la facilité de circuler à pieds dans l'environnement. Leur recherche fait ressortir que l'augmentation de densité, diversité ou design influence positivement l'utilisation du transport en commun, même si ce ne sont pas les facteurs principaux expliquant la répartition modale. Une nuance est à apporter vis-à-vis de la forte colinéarité de ces différents facteurs, et de leur lien avec des facteurs socioéconomiques.

L'influence de la densité sur le transport et les comportements de mobilité est aussi à mettre en relation avec l'étalement urbain. Ce phénomène largement reconnu décrit l'évolution spatiale et temporelle de la densité. Chapleau l'a appliqué au contexte montréalais particulièrement intéressant par le peu d'intérêt porté à la planification des transports collectifs (Chapleau, 1998). Il étudie la variation de la densité dans la Grande Région de Montréal aussi bien spatialement (distance au Centre-ville) que temporellement en comparant les grandes enquêtes ménages de mobilité quinquennales. Il trouve alors en un point donné un déclin constant de la densité, accompagné par une diminution de la taille des ménages et l'augmentation de la motorisation. Autant de facteurs qui influencent négativement l'utilisation du transport en commun.

Toujours dans le contexte montréalais, la dynamique de l'étalement urbain et de son impact sur l'accès aux réseaux principaux de transport a été précisée par Chapleau et Morency. Cette dynamique est obtenue grâce à une caractérisation du territoire selon la période de construction principale d'après le recensement canadien (Chapleau & Morency, 2000b). Ils font ressortir que plus la période de construction est récente, donc globalement plus le lot de construction est éloigné du Centre-ville, plus l'accessibilité est mauvaise avec même une partie significative des logements qui n'ont pas accès au réseau de transport urbain régional.

1.4 Analyse de l'accessibilité

Ce dernier article amène la réflexion de l'accessibilité au cœur des préoccupations de l'analyse du transport en commun en lointaine banlieue, car la notion, largement développée dans le contexte urbain, se retrouve bousculée dans cet environnement particulier (Chapleau & Morency, 2000b). Cependant l'analyse de l'accessibilité en milieu rural est très peu discutée, si ce n'est autour des gares de transport en commun lourd (train, métro, ...) pour accéder au Centre-ville.

Il peut cependant être intéressant de faire état des recherches sur l'accessibilité en milieu urbain tout en gardant en mémoire la spécificité du contexte d'étude. Tout d'abord, il est capital de rendre compte de la diversité des approches d'un concept aussi vaste et flou que l'accessibilité. La définition de Litman qui décrit l'accessibilité comme une facilité d'atteindre des services, des biens, des activités, des destinations (Litman, 2008), rend bien compte de la largeur de ce concept. Certains auteurs utilisent alors le concept d'accessibilité pour étudier les différences de potentialité en fonction de handicaps physiques (Desharnais, 2009) et sociaux (Lipman, 2006).

Alors la question d'accessibilité se rapproche de la notion d'équité en transport (Q. I. Ahmed, Lu, & Ye, 2008; Litman, 2009; Maertens, 2006).

Dans ce contexte particulier de l'accessibilité, qui cherche à étudier l'ensemble des lieux ou activités accessibles en un certain budget de temps, les outils de la «time-geography» conceptualisés par Hägerstrand (1970) sont particulièrement adaptés. On voit donc le concept de prisme spatio-temporel être appliqué à ces études d'accessibilité et d'équité (Kwan & Lee, 2003; Miller, 2005b; Miller & Wu, 2000; Shaw & Yu, 2008) avec tous les raffinements qui peuvent être apporté au concept du prisme (N. Ahmed & Miller, 2007; Miller, 2005a; Neutens, Van de Weghe, Witlox, & De Maeyer, 2008).

L'autre aspect largement développé de l'accessibilité est celui qui se rapproche de la notion de surface de drainage ou «catchment area» en anglais. Dans ce cadre, l'analyse porte sur l'environnement (population, emploi, réseau piétonnier,...) des lieux marquants du système étudié, comme les arrêts d'un système de transport en commun ou les stations de taxis. Cette approche est, par exemple, utile pour caractériser la population desservie par un corridor de transport en commun (Chapleau & Piché, 2009; Rafiee, 2009) ou d'un réseau de métro (Chapleau, 1992b), pour estimer l'achalandage du transport en commun (Wibowo & Chalermpong, 2010). Ces analyses se basent en général sur la notion de distance «buffer» autour des stations ou arrêts. Cette distance marque un seuil qui représente la distance maximale que les usagers sont prêts à marcher pour atteindre leur arrêt. En milieu urbain cette distance est d'environ 400-500m soit 5min à pieds (Demetsky & Lin, 1982; TRB, 2003). Elle peut cependant être plus grande pour des systèmes lourds comme le métro (Chapleau, 1992b). Cependant si cette distance est classiquement représentée par un buffer circulaire, un certain nombre de modifications peuvent y être apportées en fonction du réseau piétonnier (Andersen & Landex, 2009).

1.5 Données de perception

Par données de perception, ou Automated Fare Collection (AFC), on entend généralement l'étude des données cartes à puces ou autres supports magnétiques «intelligents». Ces cas diffèrent grandement de notre cas par le fait que les données de perception dont nous disposerons ne possèdent pas d'identifiant qui permettent de les retracer dans la journée. Cependant la littérature

sur les AFC permet de fixer les enjeux de tels ensembles de données et permet de donner des pistes de réflexion.

Barry et Reddy détaille les intérêts d'utiliser les données AFC dans le contexte new-yorkais (Barry, Freimer, & Slavin, 2009; Reddy, Lu, Kumar, Bashmakov, & Rudenko, 2009). Tout d'abord ces données sont disponibles en grand nombre et la loi des grands nombres peut donner plus de poids à des imputations probabilistes sur ce type de données. Ensuite le coût d'obtention de ces données est très faible vis-à-vis des enquêtes menées à l'aide de personnel. D'autant plus que les données AFC sont en plus grand nombre et généralement de meilleure qualité.

L'utilisation classique qui en est faite ensuite est de dériver une matrice origine-destination pour des fins d'affectations sur le réseau. Si l'origine est facilement déductible des relevés de transactions (station de la transaction), la destination, elle, est retrouvée par la prochaine entrée dans le réseau du support (Barry, et al., 2009; Farzine, 2008; Reddy, et al., 2009). Cette déduction de l'arrêt de descente ne peut donc être réalisée dans le cadre des données de perception du CITL.

Cependant l'obtention d'une matrice origine-destination n'est pas la seule possibilité d'un tel système. Les données étant disponible en très grand nombre et accumulées jour après jours, elles sont un support idéal pour étudier la variabilité de la demande et y appliquer les techniques de fouille de données (datamining). Morency et al. ont par exemple identifié des groupes de clientèles et permis à la fois d'analyser la régularité du comportement de chaque groupe et les différences de comportement entre groupes (Morency, Trépanier, & Agard, 2006). Trépanier et al. utilisent de telles techniques pour analyser les générateurs de déplacements (Trépanier, Agard, & du Parc, 2009). Chu et Chapleau poussent l'analyse des données de carte à puce très loin, afin de pouvoir automatiser leur correction et de posséder une connaissance très fine de la variabilité de la demande. Cette variabilité se trouve au sein d'une même journée et entre les différents jours de la semaine eux-mêmes afin de dépasser la conception du jour moyen de semaine (Chu & Chapleau, 2010).

CHAPITRE 2 PORTRAIT DE LA LOINTAINE BANLIEUE DE MONTRÉAL

La lointaine banlieue, contrairement au cas de Montréal et des proches banlieues que sont Laval et Longueuil, possède une organisation plus dispersée tant au point de vue politique que de son peuplement ou même que de son développement. Dans notre cas, celui de la Couronne Nord et en particulier des Laurentides, le territoire consiste en un regroupement de 15 municipalités autour d'une volonté d'organiser de façon conjointe un service de transport en commun. Cependant ce territoire qui s'est développé au fur et à mesure des grandes vagues de l'étalement urbain autour de petits villages anciens et qui a été façonné et structuré par les grandes infrastructures de transport qu'ont été le Petit train du Nord, l'autoroute 15 ou l'autoroute 640, répond à des logiques disparates et très différentes des cas beaucoup plus documentés de l'île de Montréal.

Ainsi la morphologie actuelle de la lointaine banlieue ne saurait être comprise sans un retour sur l'histoire du développement des infrastructures de transport dans cette région, infrastructures qui ont permis à la fois le peuplement de ces zones éloignées et qui ont créé le questionnement sur le transport en lointaine banlieue. Une marque importante de ce questionnement a été l'intégration progressive de ces territoires dans la zone d'étude de l'enquête Origine-Destination quinquennale de la région de Montréal, ce qui démontre l'extension de la logique métropolitaine à ces régions autrefois rurales. Ce retour historique permettra de faire de façon croisée le portrait de la lointaine banlieue selon 4 axes : le développement domiciliaire, les infrastructures de transports, et la population et la mobilité de ces régions.

2.1 Présentation du territoire d'étude

Avant toute étude, il est nécessaire de présenter le territoire desservi par le Conseil Intermunicipal de Transport des Laurentides (CITL) afin de fixer la localisation des municipalités (figure 2-1). Le tableau 2.1 permet ensuite d'introduire quelques premières données sur la population résidente de ce territoire en guise d'introduction thématique.

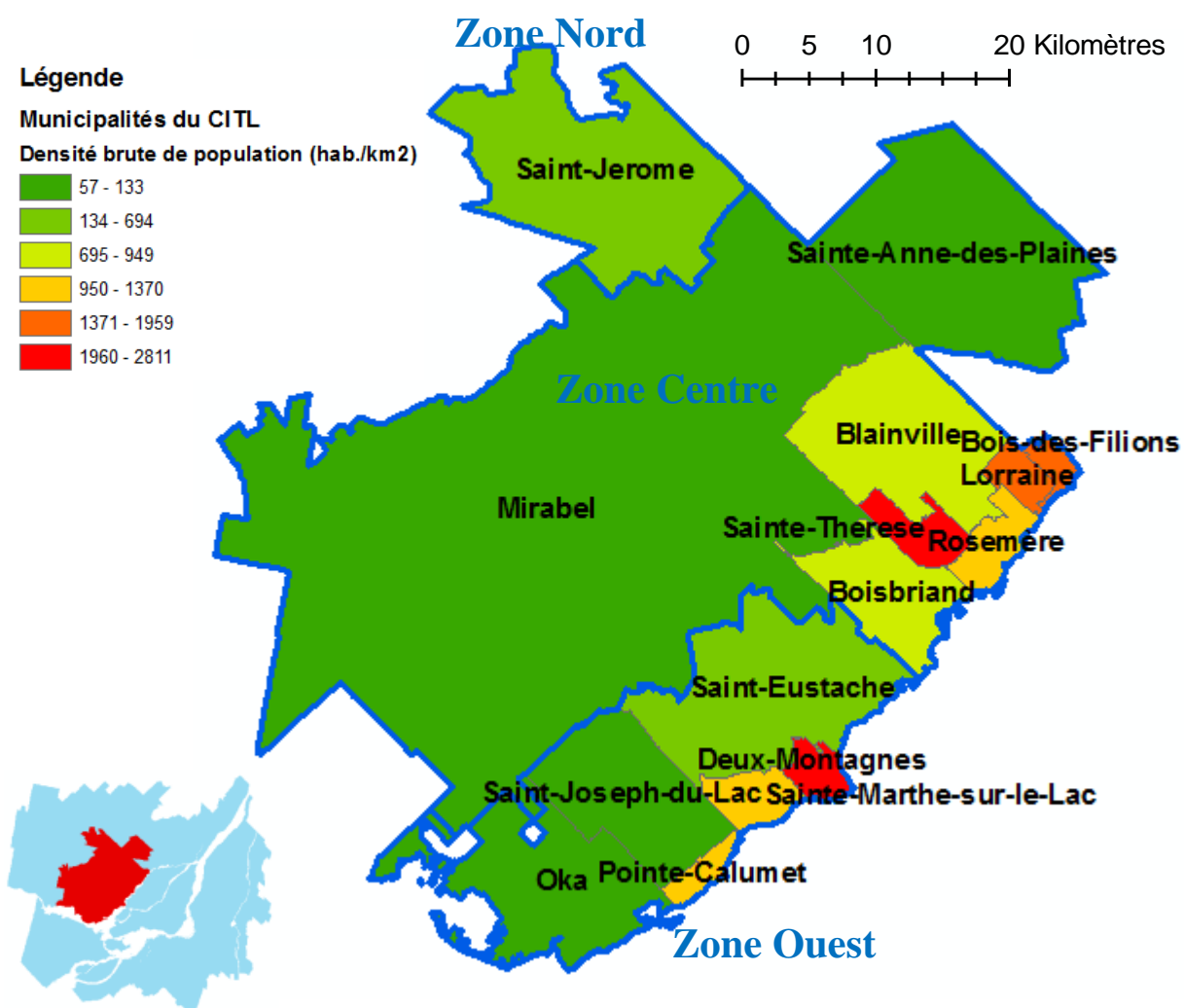


Figure 2-1 : Carte du territoire desservi par le CITL et densité brute de population en 2006.

Tableau 2.1 : Population et ménages des municipalités desservies par le CITL en 2006.

Secteur	Municipalité	Aire (km ²)	Population	Densité brute de Population (hab./km ²)	Nombre de Ménages	Proportion de couples sans enfants	Proportion de couples avec enfants	Proportion de familles monoparentales	Proportion de ménages constitués de personnes seules
Centre	Boisbriand	27.9	26483	949	9550	23%	43%	14%	20%
	Sainte-Thérèse	9.6	25224	2630	11730	28%	22%	13%	37%
	Blainville	55.4	46493	839	16060	25%	48%	12%	14%
	Rosemère	10.7	14173	1323	4865	26%	50%	8%	16%
	Lorraine	6.0	9613	1600	3205	27%	52%	11%	10%
	Bois-des-Filions	4.3	8383	1959	3235	25%	38%	14%	24%
	Sainte-Anne-des-Plaines	92.8	12354	133	4405	27%	43%	12%	18%
	Mirabel	485.8	34626	71	12720	27%	43%	11%	19%
Ouest	Saint-Eustache	69.4	41295	595	16420	28%	35%	13%	24%
	Deux-Montagnes	6.2	17402	2811	6780	27%	36%	14%	24%
	Sainte-Marthe-sur-le-Lac	9.5	11311	1191	4275	31%	39%	13%	18%
	Pointe-Calumet	4.8	6574	1370	2565	30%	34%	13%	22%
	Saint-Joseph-du-Lac	41.6	4958	119	1755	33%	43%	10%	15%
	Oka	57.4	3290	57	1305	33%	38%	7%	23%
Nord	Saint-Jérôme	90.7	62879	694	27430	27%	26%	13%	34%
TOTAL		972.1	325058	334	126300	27%	36%	13%	24%
Montréal	Rosemont	11.9	70312	5918	37180	21%	16%	12%	51%

2.2 Développement domiciliaire

2.2.1 Données : le Recensement canadien

Depuis 1956 l'ensemble de la population canadienne est soumise à un recensement quinquennal. En 1971 le recensement par entretiens est abandonné au profit d'un recensement par autodénombrement, c'est-à-dire que la population canadienne répond elle-même au questionnaire de recensement. En 2006 la méthode a encore été raffinée par l'utilisation de deux questionnaires : un court (8 questions), envoyé à 100% de la population, et un long (61 questions) envoyé à 20% de la population seulement. L'échantillonnage est donc de 100% pour les huit questions du formulaire abrégé et de 20% pour les cinquante-trois autres. Le taux de réponse est de 100%, car il est obligatoire de répondre aux questionnaires de recensement.

Le recensement canadien s'intéresse à quatre dimensions : la population (c'est-à-dire les personnes), les ménages, les familles et les habitations. Dans ce premier chapitre d'introduction, l'accent est mis sur la dimension habitation du recensement de 2006. Il peut être alors intéressant de définir l'objet logement qui est l'unité de base de cet univers. D'après le dictionnaire du recensement 2006, un logement est « ensemble de pièces d'habitation qu'une personne ou un

groupe de personnes habite ou pourrait habiter » (Statistique Canada, 2006a). Les logements peuvent se classer selon deux distinctions majeures : le logement privé et le logement collectif. Le logement collectif « sert à des fins commerciales, institutionnelles ou communautaires », et le logement privé, outre la définition d'un logement, doit comporter une source d'énergie et de chauffage ainsi qu'offrir un abri contre les intempéries (Statistique Canada, 2006a). Les données concernant le logement sont obtenues par le questionnaire court et sont donc échantillonnées à 20%.

Les données de recensement sont distribuées sur le territoire selon différents niveaux de raffinement géographique, dont les définitions sont données par le dictionnaire du recensement 2006 (Statistique Canada, 2006a):

- L'aire de diffusion (AD) : petite région qui regroupe quelques îlots de diffusion et compte de 400 à 700 habitants. C'est la plus petite unité pour laquelle l'ensemble des données est diffusé. Elles recouvrent tout le Canada. Introduites en 2001, elles remplacent les Secteurs de Dénombrement
- Le secteur de recensement (SR) : petite région qui regroupe de 2500 à 8000 habitants dans les grands centres urbains dont la population du cœur dépasse les 50 000 habitants. La région métropolitaine de Montréal correspond à ces critères et est donc divisée en SR.
- La subdivision de recensement (SDR) : découpage reflétant les municipalités ou des régions considérées comme équivalente à des fins statistiques.
- La région métropolitaine de recensement (RMR) : regroupement de municipalités contiguës dont la population totale dépasse les 100 000 habitants et dont le noyau urbain comporte plus de 50 000 habitants.

On limite la zone d'étude aux 15 municipalités faisant partie du Conseil Intermunicipal de Transport des Laurentides (CITL) que sont Blainville, Bois-des-Filions, Boishriand, Deux-Montagnes, Lorraine, Mirabel, Oka, Pointe-Calumet, Rosemère, Sainte-Anne-des-Plaines, Saint-Eustache, Sainte-Marthe-sur-le-Lac, Sainte-Thérèse, Saint-Jérôme et Saint-Joseph-du-Lac, auxquelles se rajoutent les deux municipalités de Terrebonne et de Saint-Colomban qui sont très liées au réseau du CITL. On décompte alors les unités spatiales dans le tableau 2.2.

Tableau 2.2 : Décompte des unités spatiales

Unité de découpage spatial	AD	SD	SDR
Nombre	635	76	21

Les études réalisées ensuite seront faites au niveau de l'aire de diffusion, même si les données sont arrondies par tranche de 5 unités, le nombre de logements étant en général très supérieur à cette définition minimale de 5 unités.

2.2.2 Différentes vagues de construction – Étude en fonction de la distance au Centre-ville

On utilise ici les champs Période de Construction du recensement de 2006. Ainsi les logements privés occupés sont divisés selon 9 catégories en fonction de la période principale de construction. Cette période ne tient pas compte de rénovations ou transformations ultérieures du bâtiment (Statistique Canada, 2006a). Les neuf périodes retenues sont : avant 1946, de 1946 à 1960, de 1961 à 1970, de 1971 à 1980, de 1981 à 1985, de 1986 à 1990, de 1991 à 1995, de 1996 à 2000 et de 2001 à 2006 (seulement les 5 premiers mois de l'année 2006).

Tableau 2.3 : Répartition des logements privés par période de construction dans la Couronne Nord

Période de construction	avant 1946	1946 à 1960	1961 à 1970	1971 à 1980	1981 à 1985	1986 à 1990	1991 à 1995	1996 à 2000	2001 à 2006
Nombre de logements construits	7 100	13 780	17 110	27 695	12 195	20 715	18 275	11 985	19 760
Proportion du bâti total construit à cette période	4.8%	9.3%	11.5%	18.6%	8.2%	13.9%	12.3%	8.1%	13.3%

Cependant ces différentes vagues ne se sont pas faites uniformément sur toute la Couronne Nord. Afin de voir la spatialisation de ces phénomènes, on a choisi d'étudier dans un premier temps l'urbanisation progressive de la Rive Nord selon la distance euclidienne au Centre-ville (noté CV

dans la suite). Ce point correspond au croisement entre les rues University et René Lévesque. La distance entre chaque AD et le CV est calculée de la manière suivante :

$$d_{CV} = \sqrt{(x_{AD} - x_{CV})^2 + (y_{AD} - y_{CV})^2}$$

Le couple (x_{AD}, y_{AD}) représente les coordonnées du centroïde de l'aire de diffusion correspondante. La figure 2-2 représente les différentes AD selon leur distance au Centre Ville ainsi calculée.

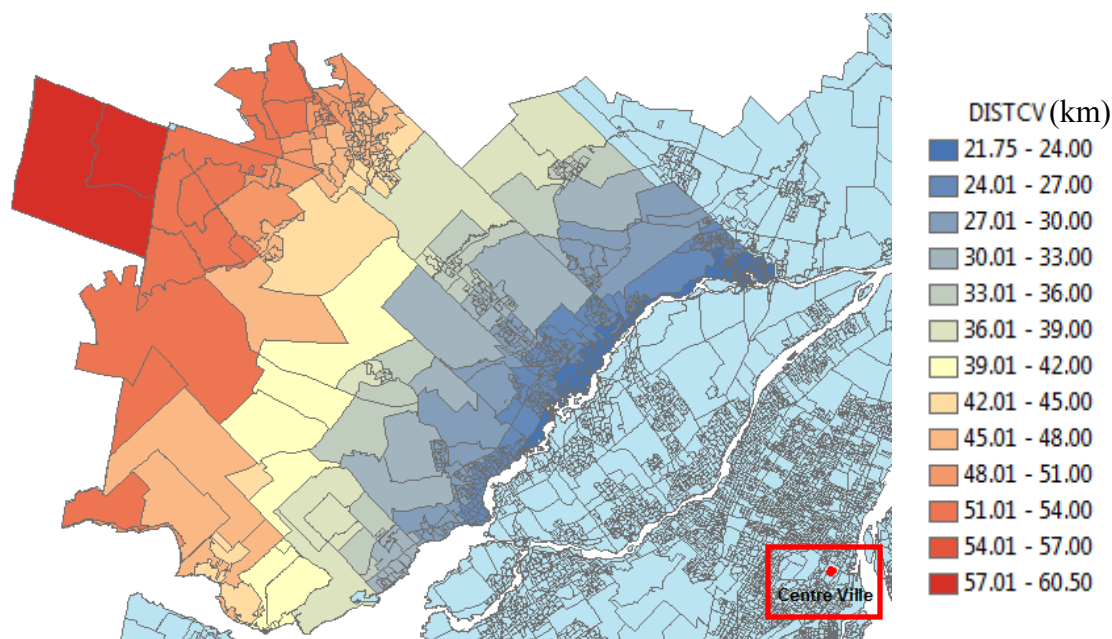


Figure 2-2 : Distance euclidienne (en km) au Centre ville pour chaque AD

La logique simple d'étalement urbain et d'éloignement du Centre Ville est un peu plus complexe ici. Ainsi comme le montre la distance moyenne au CV des nouvelles constructions de chaque période dans le tableau 2-4, le peuplement de la Couronne Nord a d'abord connu une phase de rapprochement du CV puis une phase d'éloignement.

Tableau 2.4 : Distance moyenne au Centre-ville des nouvelles unités de logement privé en fonction des différentes périodes de construction dans la Couronne Nord

Période de construction	Distance moyenne au CV (km) des logements construits pendant cette période
Avant 1946	35.33
de 1946 à 1960	32.89
de 1961 à 1970	32.65
de 1971 à 1980	31.03
de 1981 à 1985	31.43
de 1986 à 1990	31.81
de 1991 à 1995	33.26
de 1996 à 2000	32.85
de 2001 à 2006	33.37

Pour comparer les intensités de chaque vague de construction il peut être intéressant de ramener le nombre de constructions par période à une base annuelle car les périodes s'étendent sur des durées variables (15 ans, 10 ans ou 5 ans). Seule la période « Avant 1946 » ne peut être ramenée ainsi, la durée étant inconnue. Cependant, en ce qui concerne la Couronne Nord, le nombre de logements construits avant 1945 reste relativement faible. Les figures 2-3 et 2-4 représentent ainsi les vagues de constructions dans la Couronne Nord de façon absolue et sur une base annuelle. Les données ont été agrégées par tranches de 3km. Cependant pour les aires de diffusion relativement grandes, le bâti ne se trouve pas forcément proche du centroïde de la zone et donc va peut-être se retrouver agrégé à une distance au CV qui ne correspond pas forcément à sa réalité. Mais les aires les plus grandes sont aussi les zones les moins densément peuplées ce qui permet de relativiser cette erreur.

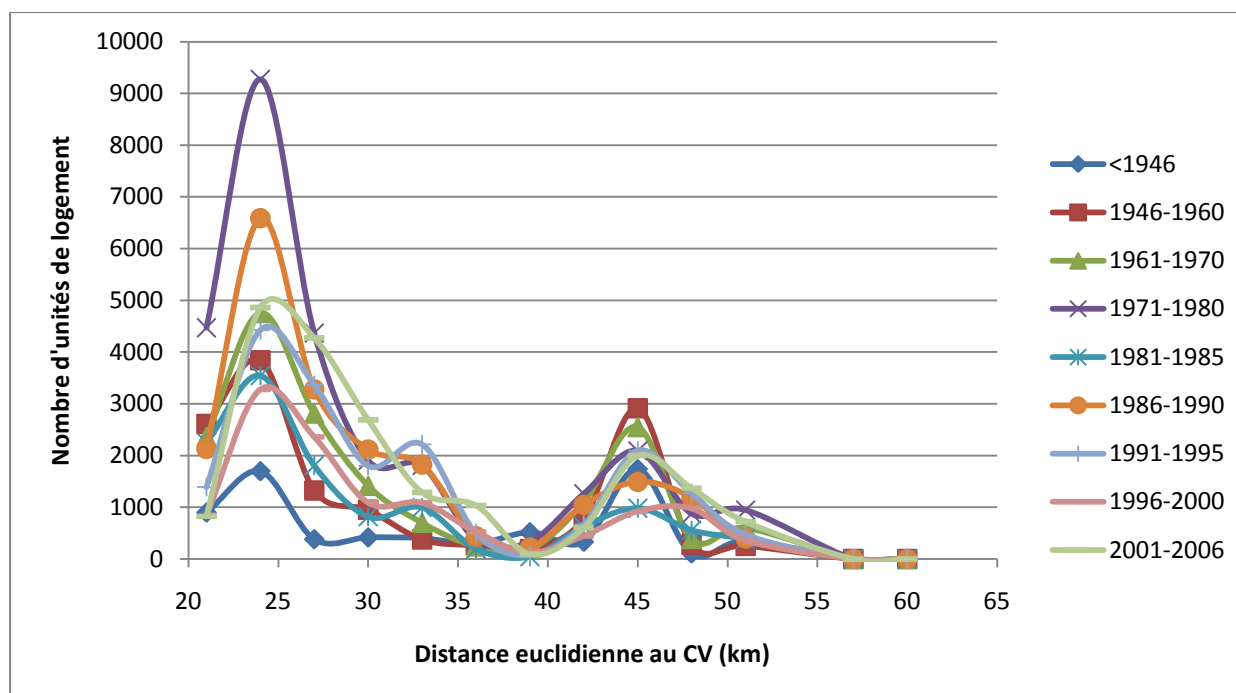


Figure 2-3 : Nombre de logements privés construits par période en fonction de la distance euclidienne au Centre-ville

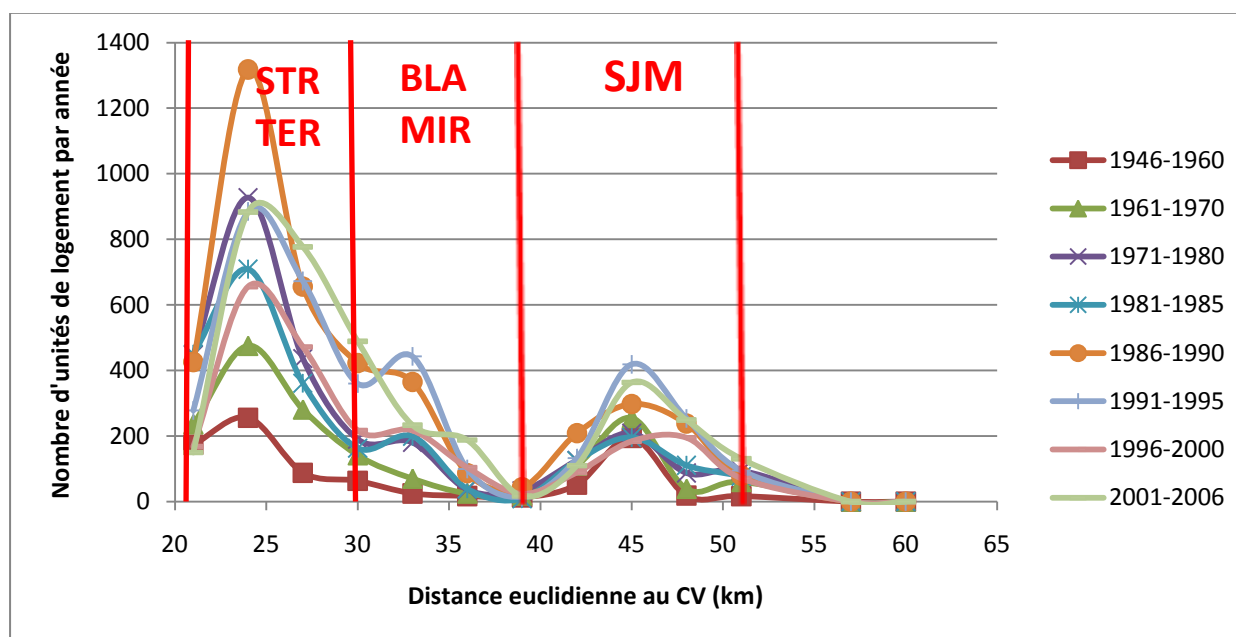


Figure 2-4 : Nombre de nouveaux logements privés par an en fonction de la distance euclidienne au Centre-ville pour chaque période de construction.

La représentation sur une base annuelle permet de mieux comparer les intensités de l'activité immobilière dans la région tout en gardant le niveau le plus fin que le recensement nous autorise dans le découpage par période. Ainsi on peut voir que pour les régions les plus proches du Centre-ville la période de plus intense développement domiciliaire est 1986-1990. Au contraire pour la deuxième zone de construction importante, c'est-à-dire les régions situées autour de 45km du CV, c'est la période 1991-1995 qui est la plus active. De manière générale les périodes 1981-1985 et 1996-2000 sont moins actives que les périodes similaires. Ces années sont cependant des années marquées par un retrait de l'économie en général. On remarque aussi que les périodes de construction les plus récentes favorisent l'essor des régions intermédiaires, c'est-à-dire situées à une distance du centre ville comprise entre celles des deux foyers principaux de peuplement de la Rive Nord (Saint-Jérôme et Sainte-Thérèse).

Afin de visualiser l'influence cumulée des différentes vagues de construction il peut être intéressant de regarder les profils cumulés du nombre de constructions (figure 2-5) et de la densité brute (figure 2-6) en fonction de la distance au CV. La densité est calculée comme la somme de tous les logements situés à une certaine distance du CV (comme avant agrégés au 3km) divisée par la somme des aires des zones ainsi associées.

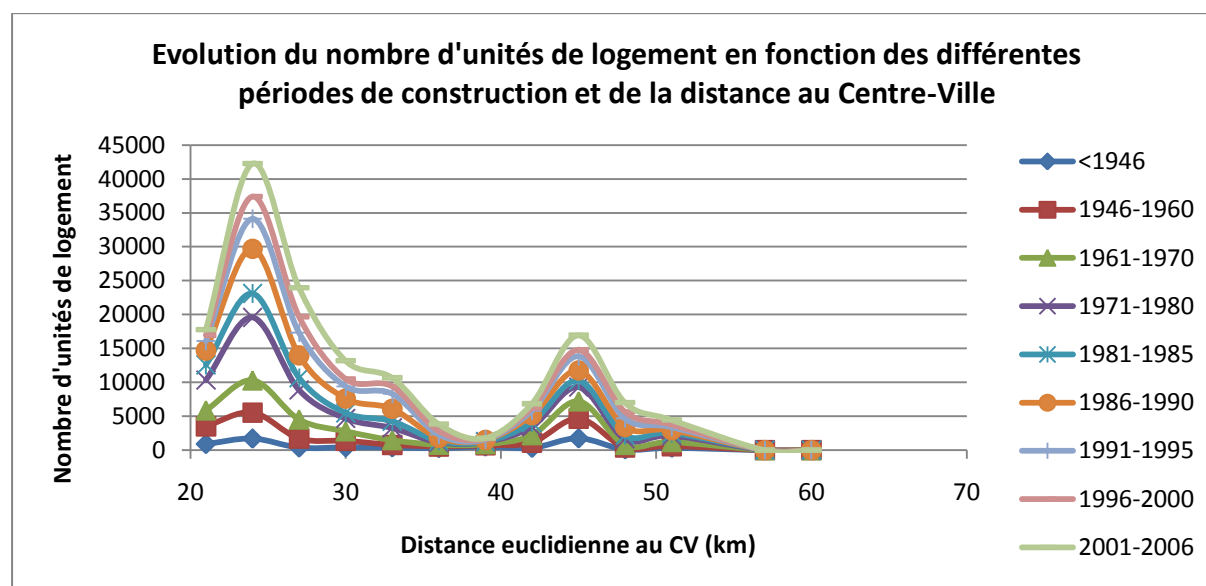


Figure 2-5 : Nombre cumulé de logements privés en fonction de la distance euclidienne au CV et par période de construction.

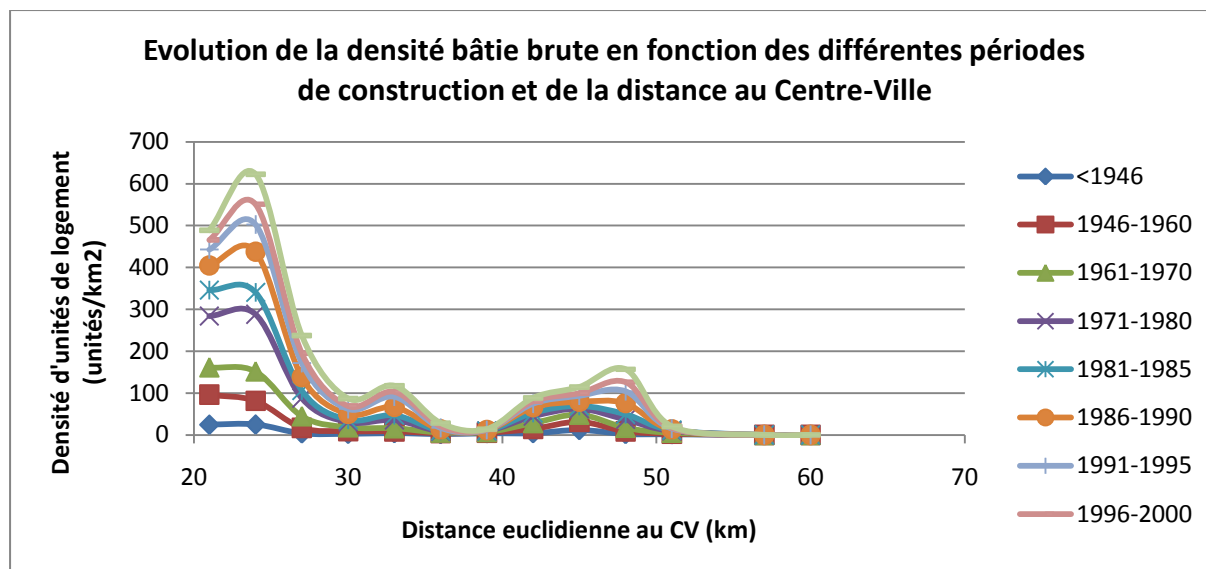


Figure 2-6 : Densité brute de logements privés en fonction de la distance euclidienne au CV (km) et de la période de construction

La densité bâtie en un point ne peut être que croissante car on la calcule toujours sur la même aire selon les périodes et le nombre de logements est croissant avec le temps. Cependant comme le montre la figure 2-7 la surface occupée par les aires de diffusion vierges de tout logement privé est stable depuis 1971. Ceci correspond à peu près à l'arrivée en vigueur de la loi sur la protection des terres agricoles de 1978 au Québec. Les nouvelles constructions se trouvent donc sur des AD déjà construites.

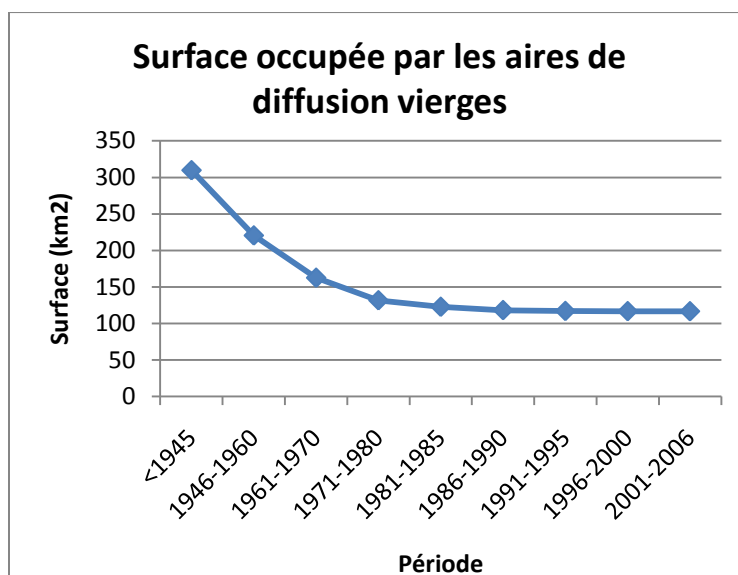


Figure 2-7 : Surface des AD vierges de tout logement privé par période (en km²). La surface totale de la zone est de 1294 km².

Comme précédemment ces graphiques mettent en évidence le développement dans un premier temps des zones les plus proches du CV, c'est-à-dire les centres historiques que sont Sainte-Thérèse, Terrebonne ainsi que les municipalités situées sur la Rive de la Rivière des Mille Îles. Ce développement a été favorisé par la mise en service en 1961 de l'autoroute 640 entre Pointe-Calumet et Repentigny sur la berge de la rivière. Ensuite c'est surtout les secteurs autour de Saint-Jérôme (pic à 45km) et dans les régions intermédiaires de Blainville et Mirabel qui ont connu un fort développement. Ainsi la densité du bâti a tendance à s'uniformiser sur l'axe de l'autoroute 15 entre Rosemère et Saint-Jérôme, ce qui fait disparaître le fossé de vide entre Sainte-Thérèse et Saint-Jérôme.

2.2.3 Migration du centre moyen des logements privés

Un autre moyen pour décrire l'évolution d'une distribution, en l'occurrence celle des logements privés sur la Rive Nord, est l'utilisation du centre moyen et son évolution. Le centre moyen est le barycentre d'une distribution de points dans l'espace (x,y) et pondérés par une grandeur, comme ici le nombre de logements construits. C'est l'équivalent de la moyenne en deux dimensions. Dans notre cas on pondère chaque centroïde d'AD par le nombre de logements privés sur cette AD pour chaque période de construction. On utilise de ce fait le nombre cumulé de logements. Les coordonnées de ce point sont donc :

$$(x_{CM}, y_{CM}) = \left(\frac{\sum_i w_i x_i}{\sum_i w_i}, \frac{\sum_i w_i y_i}{\sum_i w_i} \right)$$

Où les couples (x_i, y_i) sont les coordonnées des centroïdes des aires de diffusion et les (w_i) sont les nombres cumulés de logements privés dans l'AD i . La figure 2-8 représente ainsi l'évolution de l'éloignement du centre moyen au centre ville, en distance à vol d'oiseau, ainsi que la trajectoire du centre moyen.

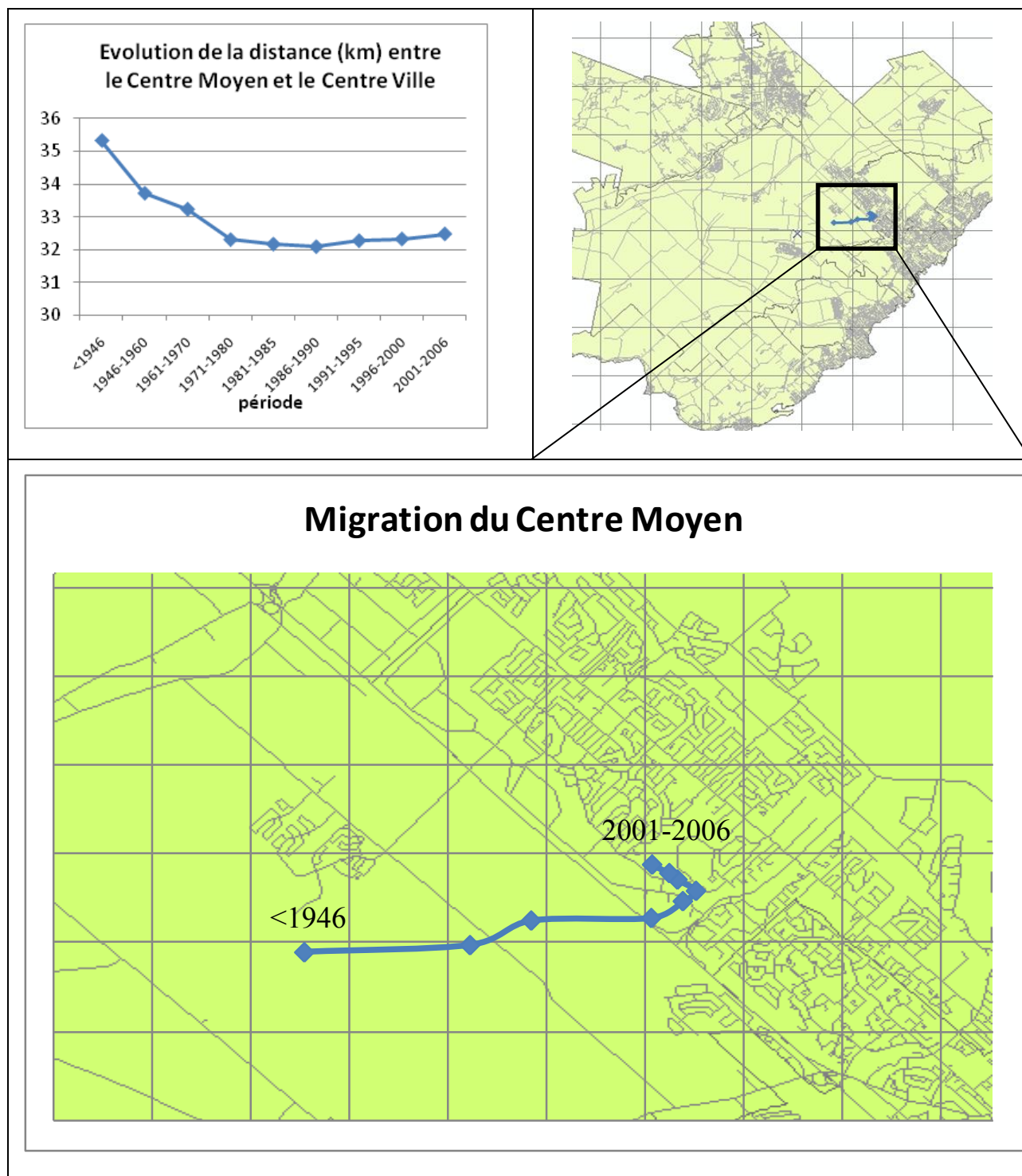


Figure 2-8 : Évolution du centre moyen des logements privés de la Rive Nord en fonction des périodes de construction.

Le centre moyen a été attiré par l'axe représenté par l'autoroute 15. De 1946 jusqu'en dans les années 1980, il s'est déplacé pour venir ensuite s'aligner sur cet axe jusqu'en 2006. Dans un

premier temps ceci a correspondu à un rapprochement du Centre Ville, puis ensuite d'un éloignement plus lent. Ceci est le résultat sur la moyenne qu'est le centre moyen des deux dynamiques vues dans la partie précédente. Il apparaît alors clair que des régions potentiellement différentes sont plutôt concernées par l'une ou l'autre des périodes de construction. Un tel comportement se prête bien à l'étude de points chauds.

2.2.4 Étude des points chauds dans la construction de logements privés

La thèse de doctorat du professeur Morency montre l'intérêt de la méthode de regroupement par voisins naturels dans l'étude du développement domiciliaire (Morency, 2004). On va restreindre ici l'étude à la Couronne Nord. Ces regroupements sont réalisés grâce au logiciel CrimeStat 3.3, gratuit créé par Ned Levine (2010). Ce logiciel utilise la méthode du Nearest Neighbor Hierarchical Clustering (NNH). Dans cette méthode la proximité des points est uniquement appréciée géographiquement, indépendamment de toute intensité présente en ces points (Morency, 2004). Elle associe les points dont la proximité est supérieure à une valeur seuil dérivée d'une distribution aléatoire de points sur la surface d'étude. Le découpage de l'ensemble des AD en fonction de la période principale de construction permet de donner un intérêt à cette méthode, car elle donne dès lors les regroupements d'AD dont l'activité immobilière a été particulièrement intense pour chaque période.

Il faut spécifier deux critères afin de paramétrer le logiciel.

- Spécifier la distance seuil ou choisir la distance aléatoire. Dans ce dernier cas, il faut ensuite fixer la probabilité d'association. Si les points ont une probabilité supérieure à celle fixée d'être associés dans la distribution de distances aléatoires, ils seront associés.
- Nombre minimal de points par cluster

On représente dans la figure 2-9 les clusters pour chaque période de constructions. Les zones ayant eu le plus de constructions pour cette période sont rosées. Ces cartes doivent être interprétées comme des faits saillants et les ellipses de dispersion des clusters marquent des lieux d'opportunité de construction pour les différents périodes.

Ainsi on peut relever que la ville de Saint-Jérôme s'est développée plus tôt, suivie par Saint-Eustache/Deux-Montagnes et le sud de la zone Centre. La période la plus intense de construction

a été les années 1970. Depuis le début des années 1990 les lots d'opportunité de développement sont plus dispersés.

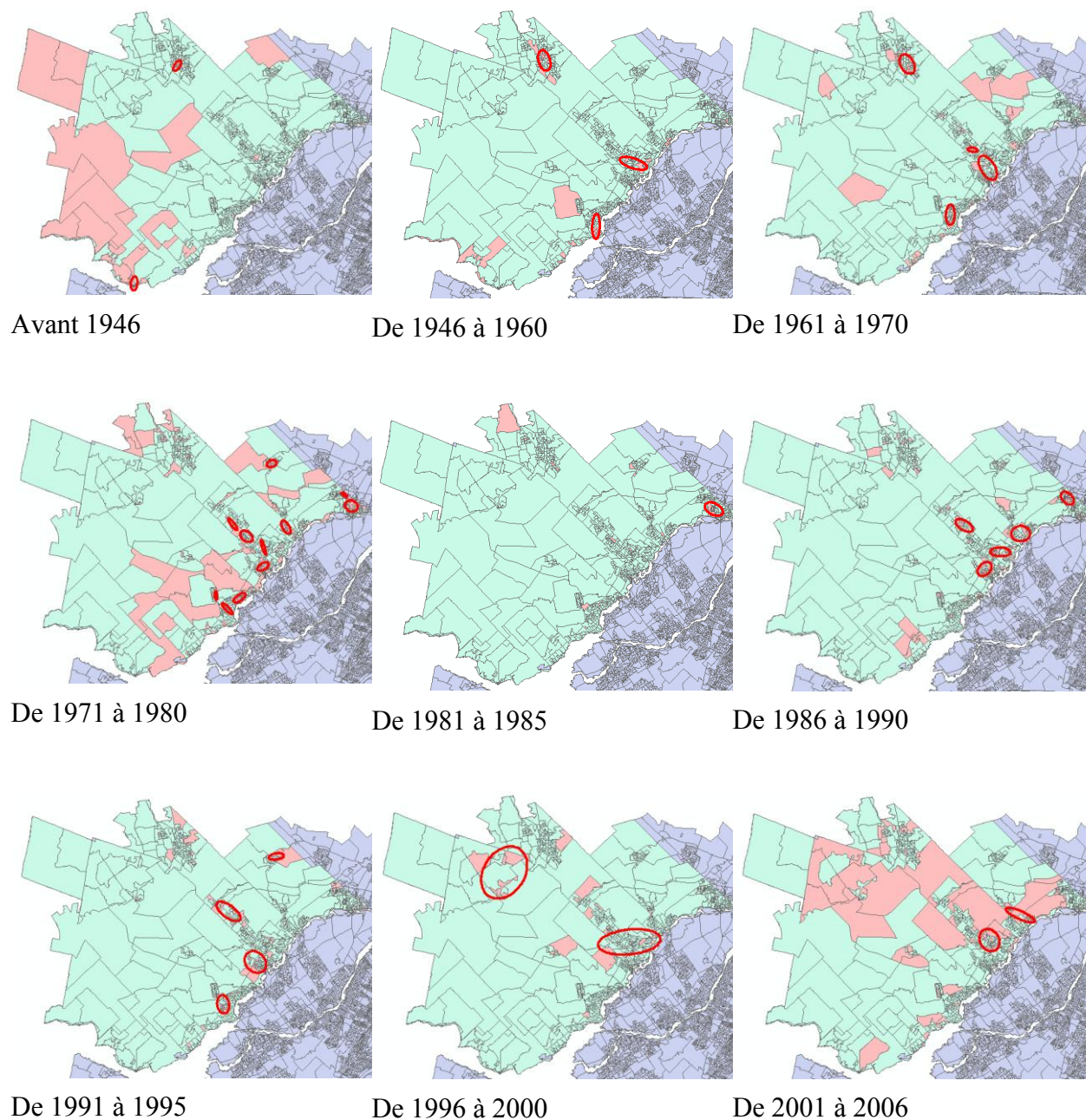


Figure 2-9 : Ellipses d'agréations formées par la méthode de classification hiérarchique des voisinages. Chaque sous-ensemble est découpé selon la période principale de construction. Paramètres : minimum de 5 points par agrégat, distance aléatoire moyenne (p=50%)

2.3 Caractérisation et développement des réseaux de transport en lointaine banlieue

2.3.1 Développement historique des réseaux lourds de transport dans les Laurentides

La première infrastructure majeure de transport à voir le jour dans cette région, si l'on excepte la « Grande ligne » qui a relié dès 1804 Saint-Janvier – municipalité réunie actuellement avec Mirabel – à Sainte-Thérèse et qui deviendra l'actuelle route 117, fut le Petit Train du Nord. Créé sous l'impulsion du curé Labelle il entre en service en 1876 et est exploité par le Canadien Pacifique jusqu'en 1981 pour le transport des passagers et 1989 pour celui des marchandises. Il relie Montréal à Mont-Laurier dans le Nord des Laurentides en desservant au passage les gares de Sainte-Thérèse et de Saint-Jérôme. De nos jours la ligne de train de banlieue Blainville/Saint-Jérôme emprunte les mêmes infrastructures du Canadien Pacifique depuis sa mise en service en 1997.

L'autre grande ligne de train historique dans la région est celle qui relie Montréal à Deux-Montagnes. Elle fut ouverte en 1918 par le Canadian Northern Railway (plus tard fusionné dans le Canadian National) comme raccordement entre ses lignes de marchandises des Basses Laurentides et de son réseau qui arrivait par le Nord de Montréal (notamment d'Ottawa) vers le terminus du Centre-ville tout en desservant la nouvelle banlieue de Ville-Mont-Royal. Sa particularité est d'être la seule ligne électrifiée du Canada.

La figure 2-10 montre la ligne du petit train du Nord ainsi que celle de Deux-Montagnes sur un choroplèthe des densités de logements privés construits avant 1945 dans chaque aire de diffusion du territoire du CITL.

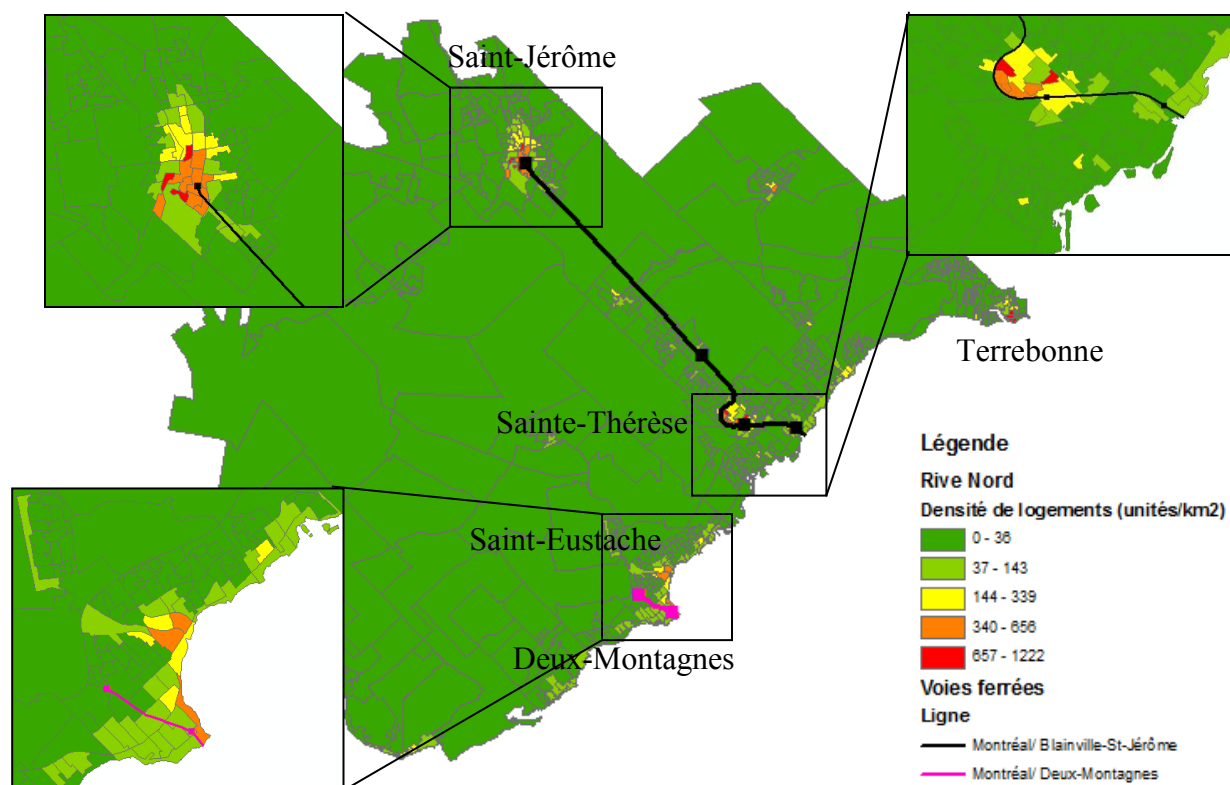


Figure 2-10 : Densité (unités/km²) de logements privés construits avant 1945 par aire de diffusion (données : Recensement canadien 2006) et lignes de trains de banlieue (occupent les emprises des anciennes lignes de trains interurbains).

Les zones les plus densément peuplées à cette époque sont situées très proches des gares de trains qui représentent alors des noyaux de développement. Ailleurs quelques petits foyers ruraux sont présents.

Après la Seconde Guerre Mondiale et l'essor de la voiture individuelle les prochaines infrastructures lourdes de transport à voir le jour ont été les autoroutes. Tout d'abord l'autoroute 15 est mise en service en 1958. Elle relie les Laurentides au Nord aux États-Unis au Sud en passant par Montréal. Les municipalités de Rosemère, Boisbriand, Sainte-Thérèse, Blainville, Mirabel et Saint-Jérôme sont traversées par son parcours. En 1961, est inaugurée l'autoroute 640 qui dessert la rive de la rivière des Mille-Îles sur un axe Sud-ouest/Nord-est entre Pointe-Calumet et Repentigny. Enfin en 1975, avec le projet de développement de l'aéroport de Mirabel, l'autoroute 13 arrive à Boisbriand au Sud du territoire depuis Dorval et l'autoroute 50 vient créer le lien dans Mirabel entre l'autoroute 15 et l'aéroport international puis Gatineau. Cependant

l'échec de l'expansion de l'aéroport vient revoir à la baisse l'envergure de ces deux dernières autoroutes qui resteront dès lors embryonnaires.

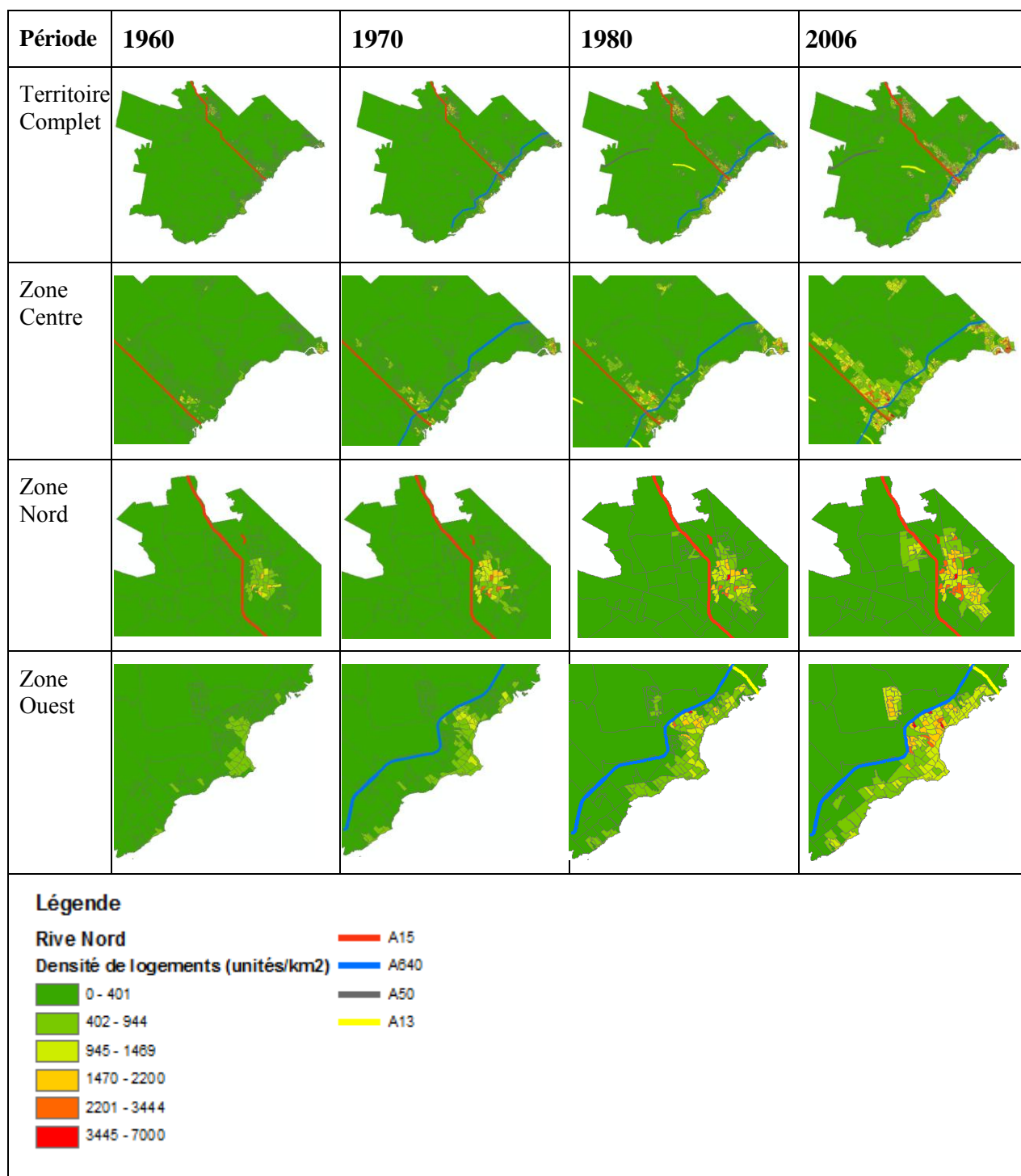


Figure 2-11: Évolution de la densité du bâti (unités/km²) en fonction des différents développements autoroutiers. Données du Recensement canadien de 2006.

Les grands axes du développement de cette partie de la Couronne Nord apparaissent alors assez clairement. À partir des noyaux « urbanisés » créés par le train s'est développé un tissu de construction dirigé par les autoroutes. L'impact des autoroutes 15 et 640 est assez marqué et la quasi-totalité des zones les plus densément construites se retrouvent dans l'environnement immédiat de ces axes. L'autoroute 50 ne desservant pas le Centre-ville et en étant très éloigné a peu d'impact sur le développement de nouvelles zones d'habitations, si ce n'est peut-être le petit noyau au Sud de Saint-Colomban. De même l'autoroute 13 a eu des effets moindres que les deux axes principaux. Elle a surtout permis de développer Boisbriand et le secteur Saint-Augustin.

Ainsi, si les prémices du développement de la Couronne Nord ont débutés avec le transport public, le train, le véritable développement s'est produit ensuite sous l'ère automobile et grâce aux infrastructures routières. On ne peut donc dresser un portrait juste des Couronnes sans caractériser le réseau routier qui est le véritable vecteur d'accessibilité et qui conditionne la mobilité de ces populations.

2.3.2 Caractérisation du réseau routier et définition d'un nouvel espace

Dans sa thèse de doctorat (Morency, 2004) le professeur Catherine Morency utilise la mesure de la surface occupée par le réseau routier (ERR) pour quantifier l'espace apte à accueillir les activités humaines. Le calcul de cet espace se fait en appliquant un buffer de 100m autour des différents axes routiers. Et afin de déterminer la desserte des régions et de quantifier la proportion de l'espace géographique qui est réellement utilisable pour développer l'activité humaine elle développe un indice d'occupation du réseau routier (IOR). Cet indice est conçu comme le rapport de l'ERR sur la surface de l'espace géographique considéré. On peut cependant affiner les mesures en nuancant les différents types de routes qui constituent le réseau. Avoir accès à une autoroute ne revêt pas la même valeur pour les activités humaines, qu'avoir accès à une quelconque autre route. L'étude réalisée par Morency était faite selon la distance au centre ville et donc toutes les géométries étaient calculées sur la base d'un cercle de rayon r autour du centre ville. On ne se basera pas ici sur une approche par cercles concentriques. Pour le cas de la rive Nord l'espace géographique pris au dénominateur est la surface des aires de diffusion.

Statistiques Canada fournit dans son fichier des routes du Québec une classification de rang allant des niveaux 1 à 4 dont voici les intitulés selon le guide de référence du fichier des éléments routiers (Statistique Canada, 2006b):

- Niveau 1 – «La route transcanadienne identifiée par noms de route et le pont de la Confédération menant à l'Île-du-Prince-Édouard».
- Niveau 2 – «Autoroutes/grandes routes».
- Niveau 3 – «Toutes les autres routes, selon le code ou le nom du type, lesquelles ne sont pas classées au niveau 2». On appelle alors route, les routes à numéro (réseau provincial).
- Niveau 4 – «Tous les arcs de route restants».

L'objet le plus élémentaire traité dans cette base de données est l'arc de route. Celui-ci correspond au segment de route compris entre deux intersections. Les bretelles d'accès aux autoroutes ou même les voies de demi-tour, si elles sont assez longues, constituent aussi des arcs (de rang 4). L'arc peut être bi ou unidirectionnel sans que ça ne soit explicité dans la base de données. Le tableau 2.5 présente le nombre d'arcs de routes par rang, ainsi que leur longueur cumulée et quelques exemples. Cependant tous les arcs ne sont pas comparables en termes de longueur et en propriétés physiques, même au sein du même niveau. Le dénombrement du tableau 1 ne constitue donc qu'un récapitulatif des objets géométriques que sont les arcs de routes. Il est aussi important de remarquer que le classement par rang correspond à un mélange de distinctions juridictionnelles (le rang 1 est le réseau fédéral) et de distinctions d'importances (les rangs 2 et 3 sont provinciaux mais le rang 2 concerne les autoroutes).

Tableau 2.5 : Nombre d'arcs de route par niveau dans la région métropolitaine de Montréal (frontières établies pour l'enquête OD 2008)

Niveau de l'arc	Nombre d'arcs	Longueur cumulée	Exemples
1	521	25 km	Autoroute 15 Autoroute 20
2	2158	115 km	Autoroute 20 Autoroute Bonaventure Rue Notre-Dame Est
3	1298	90 km	Boulevard Pie IX Rue Sherbrooke (au-delà du Parc Olympique)
4	99254	5285 km	Avenue du Parc Chemin de l'École Polytechnique
TOTAL	103231	5515 km	

Ce classement hiérarchique ne fait pas beaucoup de distinctions en dessous des « routes » mais il est moins sujet à interprétation que les dénominations « boulevard », « avenue », etc. Il est alors possible de calculer chaque ERR et IOR en fonction du niveau des routes et de le comparer au reste de la région métropolitaine. La figure 2-12 représente les trois premiers niveaux de route mis en superposition avec la densité de la population pour la Grande Région de Montréal et en particulier pour les Laurentides.

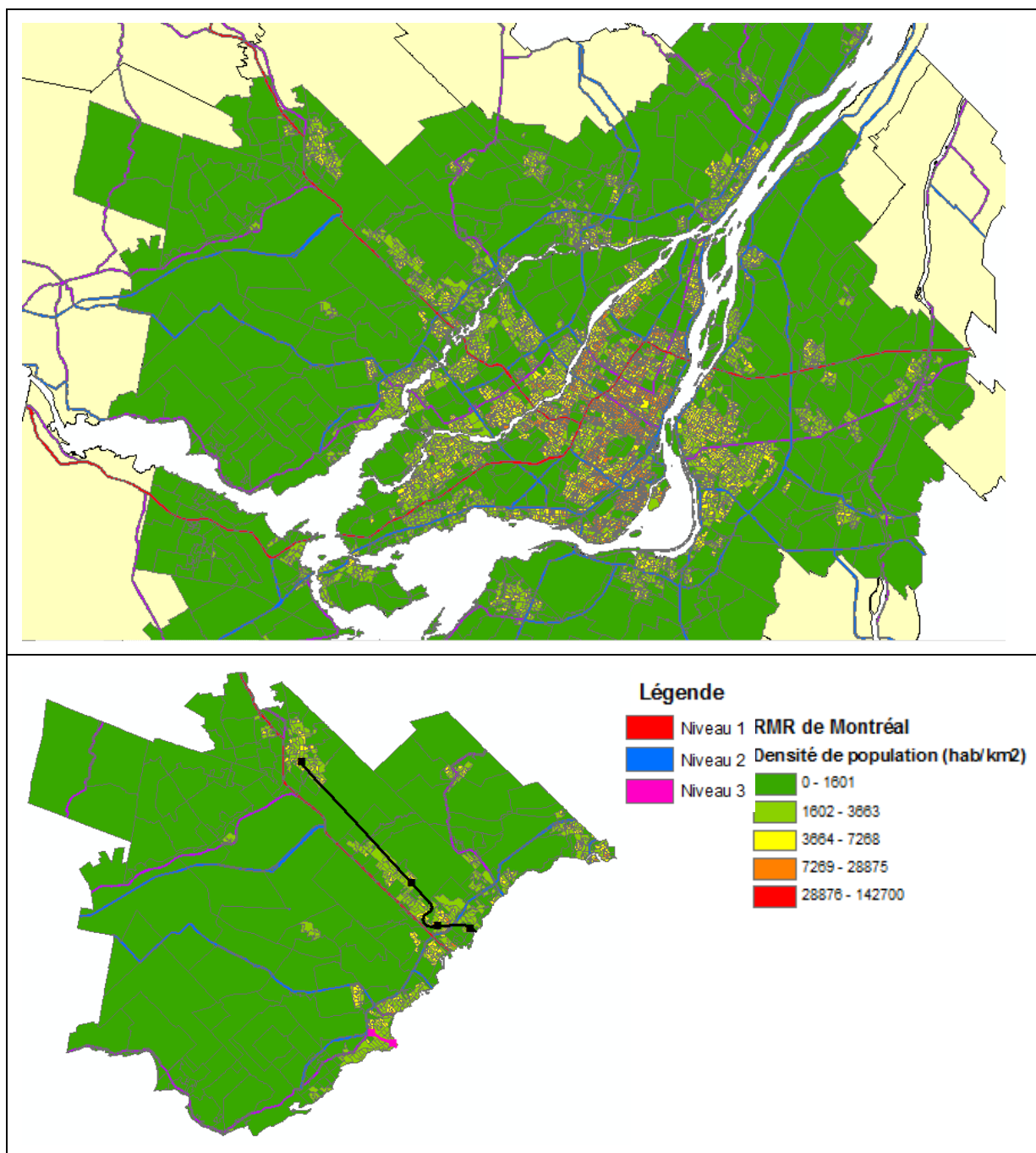


Figure 2-12 : Densité de population dans la Région Métropolitaine de Montréal et en particulier sur la Rive Nord (Recensement canadien 2006) en hab./km² et réseau routier principal (niveau 1 à 3).

Si au cœur de Montréal d'autres facteurs ont influencé l'apparition des zones de hautes densités comme la présence du métro par exemple, dans les couronnes et même en banlieue proche (Laval et Longueuil ou les extrémités de l'île de Montréal) le réseau routier principal dirige assez

nettement les zones de densités plus élevées en autorisant l'extension du tissu de peuplement ou en permettant le développement de noyaux de population isolés.

L'indice d'occupation du réseau routier prend alors des valeurs distinctes selon les différents grands ensembles de la Région Métropolitaine comme le montre la figure 2-13 et au sein même des ensembles. On retrouve cependant des situations similaires entre les deux Couronnes et entre Laval et Longueuil. Montréal est au dessus des autres régions en termes de densité de réseau routier que ce soit pour les grands axes (IOR1+IOR2+IOR3) ou pour le réseau local (IOR4). Laval et Longueuil occupent classiquement une situation intermédiaire. Ces indices permettent bien de retrouver la hiérarchie attendue des densités et du degré d'urbanisation des grands-ensembles.

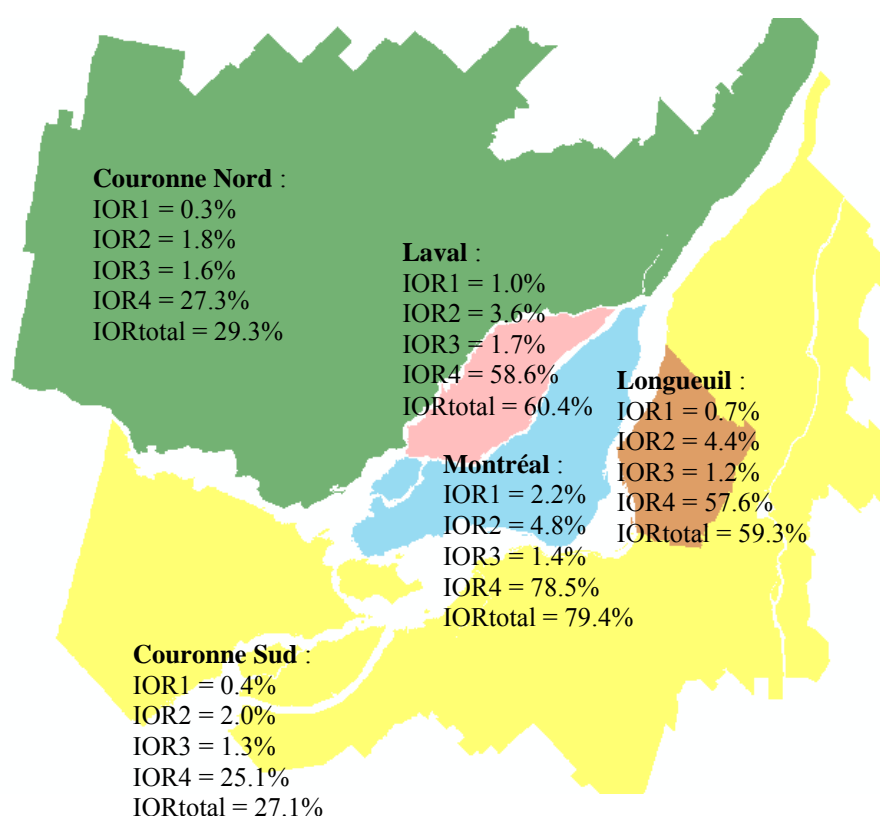


Figure 2-13 : Indice d'occupation du réseau routier pour 5 grands ensembles montréalais.

Si on va plus dans le détail on peut affiner les distinctions entre des sous-ensembles plus petits et étudier les relations plus fines entre cet indice et les densités de populations, de logements. La figure 2-14 représente l'indice d'occupation des grands axes routiers (IORrp) ainsi que l'indice d'occupation du réseau routier total (IORtot) avec en parallèle les densités brutes de population et de logements privés par aire de diffusion, ainsi que les densités réticulaires. Ces dernières sont

calculées en référence à l'ERR et non plus l'espace géographique dans le cas des densités brutes. Les cartes montrent le lien entre la densité du tissu construit et de la population avec l'indice, cependant celui-ci a tendance à saturer quand les densités dépassent un certain seuil. En effet les aires de diffusion étant taillées pour regrouper un certain nombre de personnes, plus la densité va être élevée plus leur taille va diminuer et donc plus elles vont coïncider avec l'espace occupé par le réseau routier. Cependant en dessous de ce seuil l'indice peut permettre de dissocier les espaces réellement occupés et de créer une nouvelle géométrie plus proche de la réalité que les aires de diffusions elles-mêmes, une géométrie qui laisse bien entrevoir que dans les Couronnes l'espace est composé de « vide » à plus de 70%.

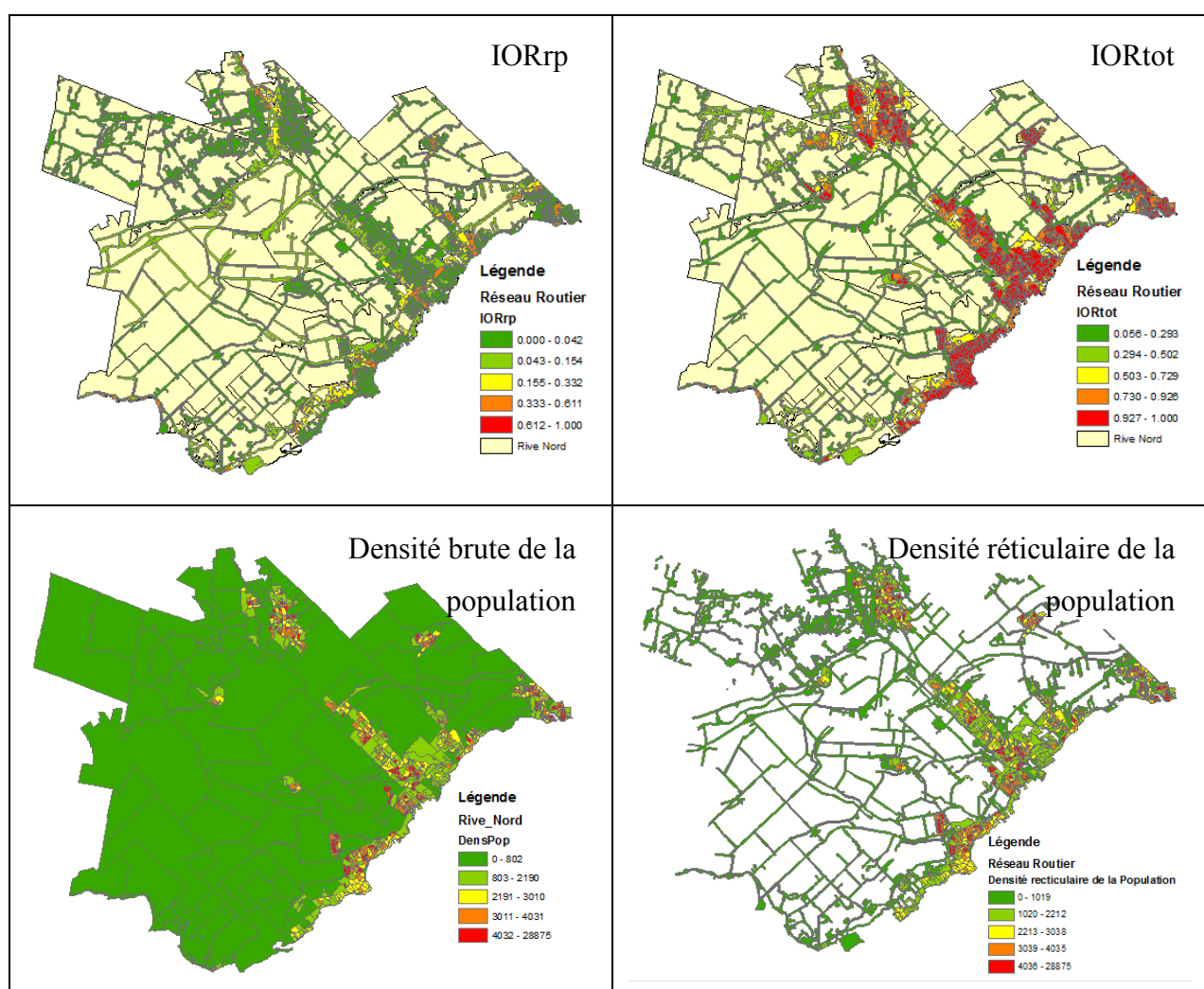


Figure 2-14 : IORRp IORtot et densités brutes et réticulaires de la population et des logements privés (données du Recensement canadien de 2006)

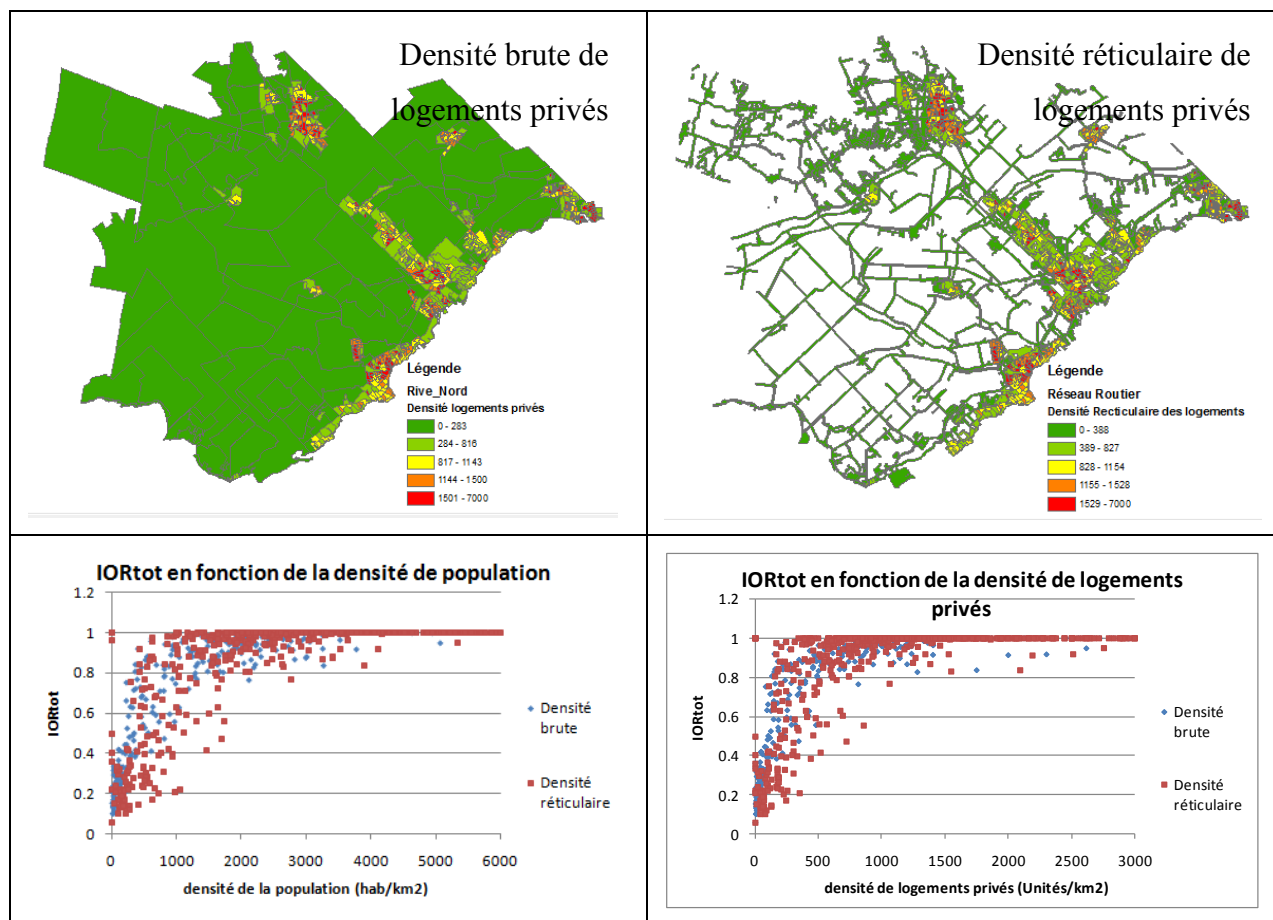


Figure 2-14 (suite) : IORrp, IORTot et densités brutes et réticulaires de la population et des logements privés (données du Recensement canadien de 2006)

À l'échelle des municipalités, l'indice d'occupation du réseau routier donne le pourcentage du territoire accessible de cette municipalité. C'est la partie à considérer pour des études de transport, surtout que le mode de transport en commun dans cette région est le bus. Comme pour les régions métropolitaines l'IOR nous indique dans une certaine mesure le pourcentage d'urbanisation des municipalités.

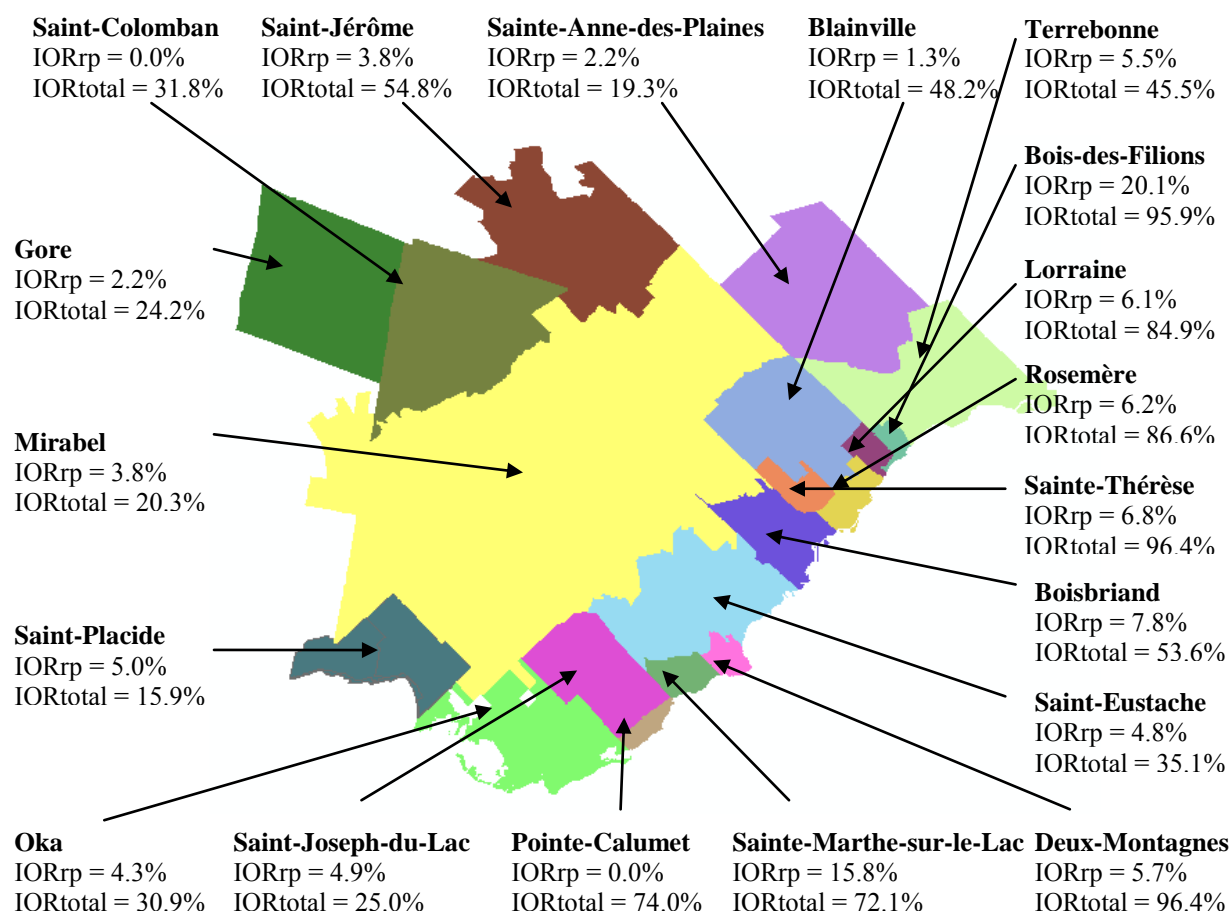


Figure 2-15 : Indices d'occupation du réseau pour des municipalités de la Couronne Nord

La figure 2-15 fait ressortir la plus forte couverture du réseau routier pour les municipalités situées sur la rive de la rivière des Mille-Îles (et donc proches des ponts qui mènent à Laval) ainsi que de Sainte-Thérèse, marquant un tissu urbain globalement plus dense que pour le reste. Pour les municipalités intermédiaires comme Blainville, Saint-Jérôme, leur indice d'occupation du réseau routier, proche de ceux de Laval ou Longueuil, montre un territoire qui englobe des zones plus denses et des zones de faible densité.

De manière générale, l'étude du réseau routier vient confirmer la grande disparité et dispersion de l'espace propice à l'activité humaine et donc au transport en commun en lointaine banlieue. Cette espace ce concentre le long de corridors routiers de desserte que sont les autoroutes et les grandes routes interurbaines. Ces axes structurent et orientent largement cet espace dont le développement initial a pourtant été apporté par un autre mode de transport qu'est le train. On a aussi pu voir que la caractérisation de l'emprise au sol du réseau routier ne peut à elle seule qualifier le tissu

urbain, car la qualité de ce réseau, la taille des parcelles qu'il dessert, les types de logements, l'occupation du sol ou même le nombre de personnes font qu'on ne peut comparer le centre de l'île de Montréal aux centres urbains de lointaine banlieue alors que leurs indices d'occupation du réseau routier sont les même.

2.3.3 Affiner la caractérisation de la densité et de l'accès à l'espace par le réseau routier : la densité d'intersection

La seule couverture par le réseau routier ne décrit pas à elle seule l'accès à l'espace géographique ni la qualité de cet espace. L'occupation du sol joue aussi un rôle dans les comportements de mobilité. Cervero et Kockelman ont classé ces effets sous la dénomination des 3Ds : Densité, Diversité et Design (Cervero & Kockelman, 1997). On retrouve parmi ces facteurs, des caractéristiques du réseau routier, comme la proportion d'intersection de certain type ou la distance entre deux intersections appelée taille de la face d'un bloc. D'autres études ont aussi montré l'influence de la facilité de circulation à pieds dans le réseau routier comme un facteur influençant la fréquentation des stations de transport en commun (Ozbil, Peponis, & Bafna, 2009). L'un des marqueurs de cette « connectivité » est la densité d'intersections (Peponis, Allen, French, Scoppa, & Brown, 2007). Avoir une bonne connaissance de la densité d'intersections peut permettre au planificateur d'identifier les voisinages les plus propices à l'installation des arrêts de transport en commun. On va donc appliquer cette approche au cas de la Grande Région de Montréal, dont le territoire du CITL fait partie.

On dispose alors du même fichier d'arcs de routes que dans l'étude précédente. On se limite aux arcs de route de rang 4 car les autres rangs ne rentrent pas vraiment en compte dans la facilité de circulation des piétons. Ils représentent même en général des obstacles, parfois infranchissables dans le cas des autoroutes. On retire aussi des liens de rang 4 ceux qui n'ont pas de nom de rue. Dans cette famille rentrent les chemins d'accès agricoles, les bretelles d'autoroute, les demi-tours entre des voies d'autoroutes et d'autres segments routiers qui ne constituent pas un réseau praticable par les piétons. On extrait alors les intersections entre les routes de noms différents. Ceci permet d'éviter de récupérer les points d'intersection entre des segments de routes consécutifs de même nom dus à un changement de direction de la route par exemple. On obtient pour le territoire de l'Enquête-Origin Destination de 2008 un nombre de 59419 intersections. Cependant ce nombre cache une réalité très diverse, puisqu'il n'y a pas de distinction faite entre

les différents types d'intersection. Un développement supplémentaire serait de pouvoir discriminer les intersections entre routes de plus de 4 voies, celles avec des feux pour piétons, etc.

La figure 2-16 représente la densité d'intersections de rang 4 pour la Grande Région de Montréal. Cette densité a été calculée à partir d'une grille de cellules de 100 mètres par 100 mètres (on rappellera que $100\text{ m} \times 100\text{ m} = 10\,000\text{ m}^2 = 1\text{ hectare}$). La densité associée à chaque cellule est celle du cercle de centre le centre de la cellule et de rayon 500 m, distance généralement utilisée pour l'accès aux arrêts de bus. Le gradient de couleur est représenté par quantile.

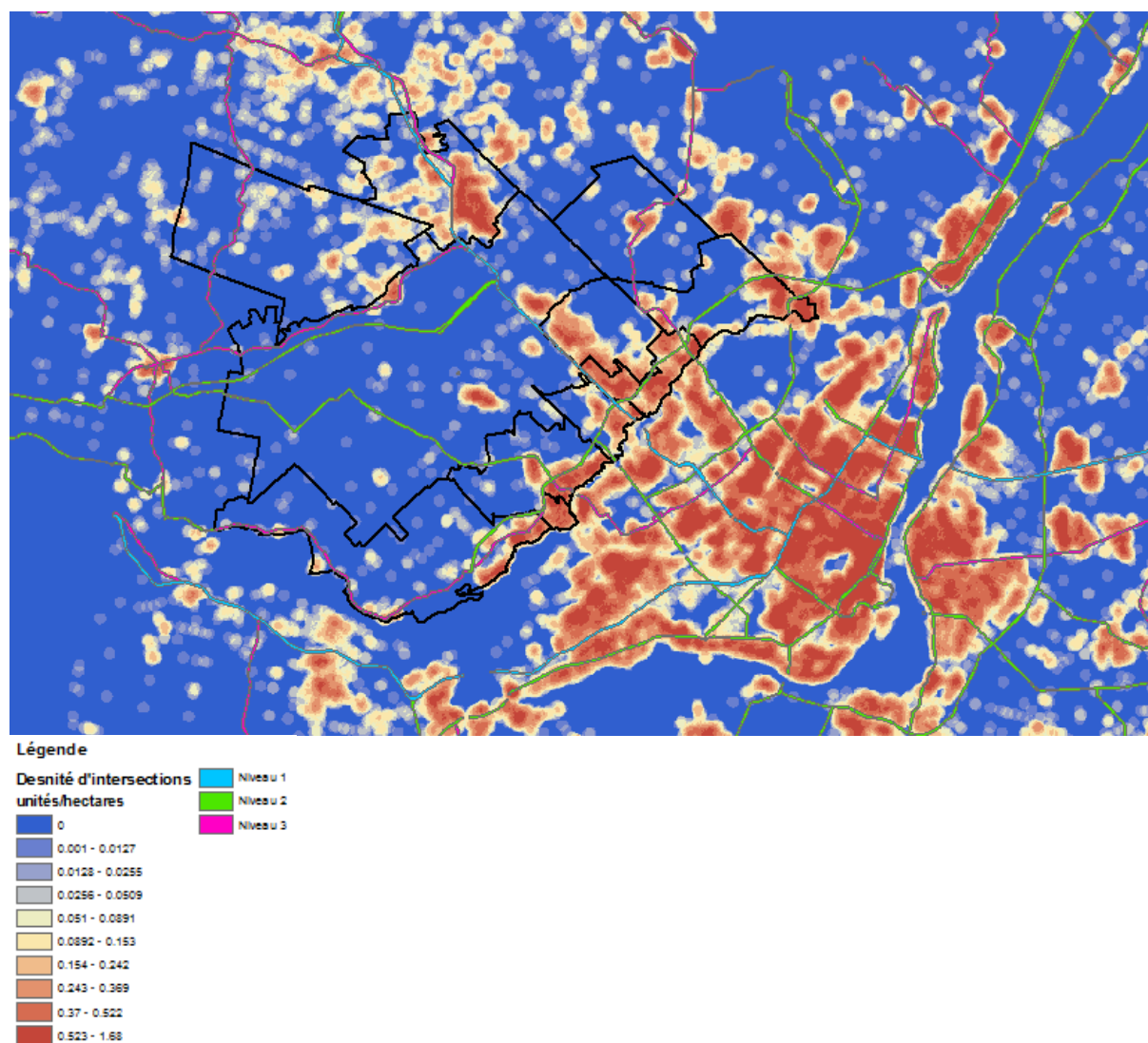


Figure 2-16 : Densité d'intersections entre les routes avec nom de rang 4 dans la Grande Région de Montréal

On remarque alors que plus on s'éloigne du Centre-ville, plus la taille des centres urbains à forte densité d'intersections semble petite. L'étude des intersections permet alors de préciser celle sur l'occupation du sol par le réseau routier en apportant plus de distinctions dans la quantification de la densité du tissu urbain. Elle permet aussi d'apporter des informations sur la facilité des piétons à circuler mais aussi sur la fréquence spatiale de disposition des arrêts de bus qui desservent en général des intersections.

2.4 Analyse de la demande générale de transport sur le territoire du CIT Laurentides

Tout système de transport oscille autour d'un équilibre mouvant entre une volonté exprimée d'échanges entre deux espaces géographiques et la capacité à créer une opportunité d'échange. Ainsi le transport en commun se doit de répondre à une demande de transport tout en ayant le pouvoir de la modifier par l'offre qu'il propose. L'analyse de la demande générale de transport sur le territoire des municipalités membres du CITL est donc une étape fondamentale en vue de la planification quelconque d'un service de transport en commun. Cette analyse permettra de faire un portrait de la mobilité des personnes tant au niveau origines et destinations des déplacements qui vont fournir un squelette d'orientation des flux de personnes, que de la démographie qui joue un rôle important sur les comportements de mobilité et de la structure des ménages. Pour cela on utilisera des données agrégées par secteurs municipaux dérivées des enquêtes Origines-Destinations de 2003 et 2008 de la Grande Région de Montréal.

2.4.1 Étude des densités

La densité, que ce soit de population mais aussi d'emplois ou d'autres activités, a été reconnue comme étant un facteur influençant la part modale du transport en commun. Des densités seuils quant à la viabilité du transport en commun ont même été avancées, par exemple par Newman et Kenworthy (1989) qui ont donné un seuil de densité nette de 30 à 40 personnes par hectare en comparant différentes villes du monde. Cependant certains auteurs comme Mees (2009) reviennent sur l'hégémonie de la densité dans les études sur le transport en commun en avançant que la question de densité est plus complexe qu'elle en a l'air étant donné qu'elle est basée sur

différents choix : la frontière de la zone dont on calcule la densité et le calcul de l'aire dont on estime la densité par exemple. Malgré tout il peut être intéressant pour un planificateur d'identifier les zones de concentration de population qui constituent la clientèle potentielle ainsi que les densités d'emplois, de places dans les institutions éducationnelles par exemple.

Dans un espace aussi divers que celui de la banlieue, où l'espace urbanisé et peuplé est plus discret que continu, l'utilisation de la nouvelle métrique qu'est l'espace réticulaire, défini dans la partie précédente, peut s'avérer pertinente pour identifier les zones de fortes densités parmi l'espace utile, c'est-à-dire accessible par la route. Les densités représentées ici seront donc les densités réticulaires.

Pour représenter la densité de population et la densité des 15-24 ans qui représente la plus grosse clientèle du transport en commun en lointaine banlieue (partie 6.1), on utilise les données du Recensement canadien de 2006 au niveau le plus fin, c'est-à-dire celui des Aires de Diffusion. Sur la figure 2-17, un gradient de couleur par intervalle régulier est appliqué aux AD réticulaires. La dernière catégorie (en rouge) correspond à la densité seuil de Newman et Kenworthy, c'est-à-dire 30 personnes par hectare ou 3000 par kilomètre carré. On peut remarquer qu'il existe un certain nombre de secteurs qui remplissent ce critère, même s'ils semblent peu nombreux. Mais les autres zones de densité présentent tout de même un certain intérêt car on sait toutes les précautions à employer avec les valeurs seuils. La connaissance de l'environnement réel par le planificateur aidée par la donnée des zones de densité pourra lui permettre de prendre une décision plus éclairée que le respect aveugle de valeurs numériques trouvées à partir de cas disparates.

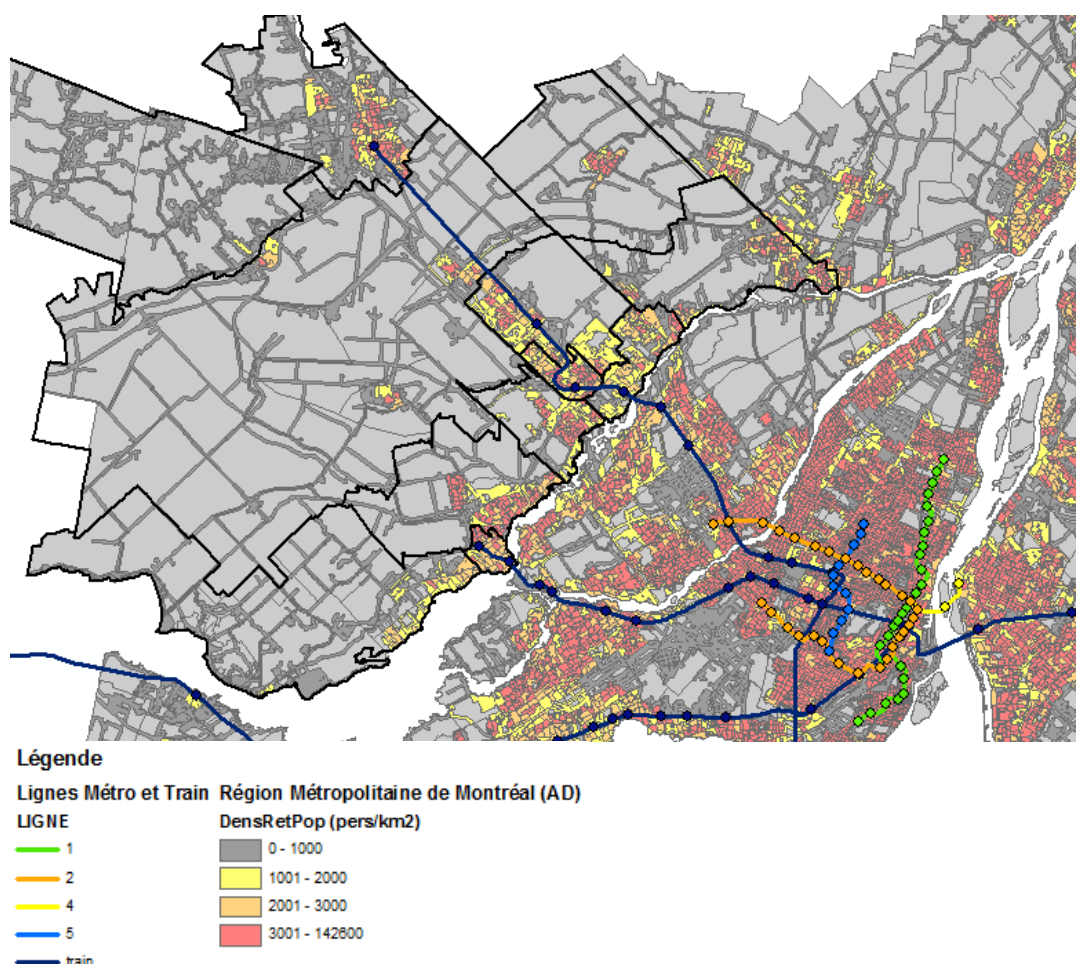


Figure 2-17 : Densités réticulaires de personnes dans la Grande Région de Montréal et infrastructures majeures de transport en commun (Données : Recensement canadien de 2006)

Mais plus que la population en général, il peut-être pertinent d'identifier les concentrations d'une clientèle particulière. Dans le cas présent, la plus grosse partie de la clientèle du réseau du CITL est constituée par les 15-24 ans qui représentent 63% de la clientèle (résultat de l'Enquête à bord 2008 détaillé dans la partie 6.1). La figure 2-18 représente ainsi la densité réticulaire de 15-24 ans par Aire de Diffusion. Le gradient de couleur est à nouveau par intervalle régulier mais il n'existe pas vraiment de valeurs seuils documentées alors les limites ont été choisies aléatoirement afin d'avoir une bonne variabilité entre les colorations des zones. Le fond gris correspond à l'espace géographique sur lequel on considère qu'il n'y a pas de population. L'utilisation de ces densités est là pour nuancer la lecture des densités de population. Il est alors possible d'affiner l'analyse des zones les plus pertinentes pour l'implantation d'un service de transport en commun. Sainte-

Thérèse, Boisbriand et Saint-Eustache possède par exemple des noyaux de 15-24 ans qui auront probablement une plus grosse part modale pour le transport commun que les noyaux de densité de Mirabel.

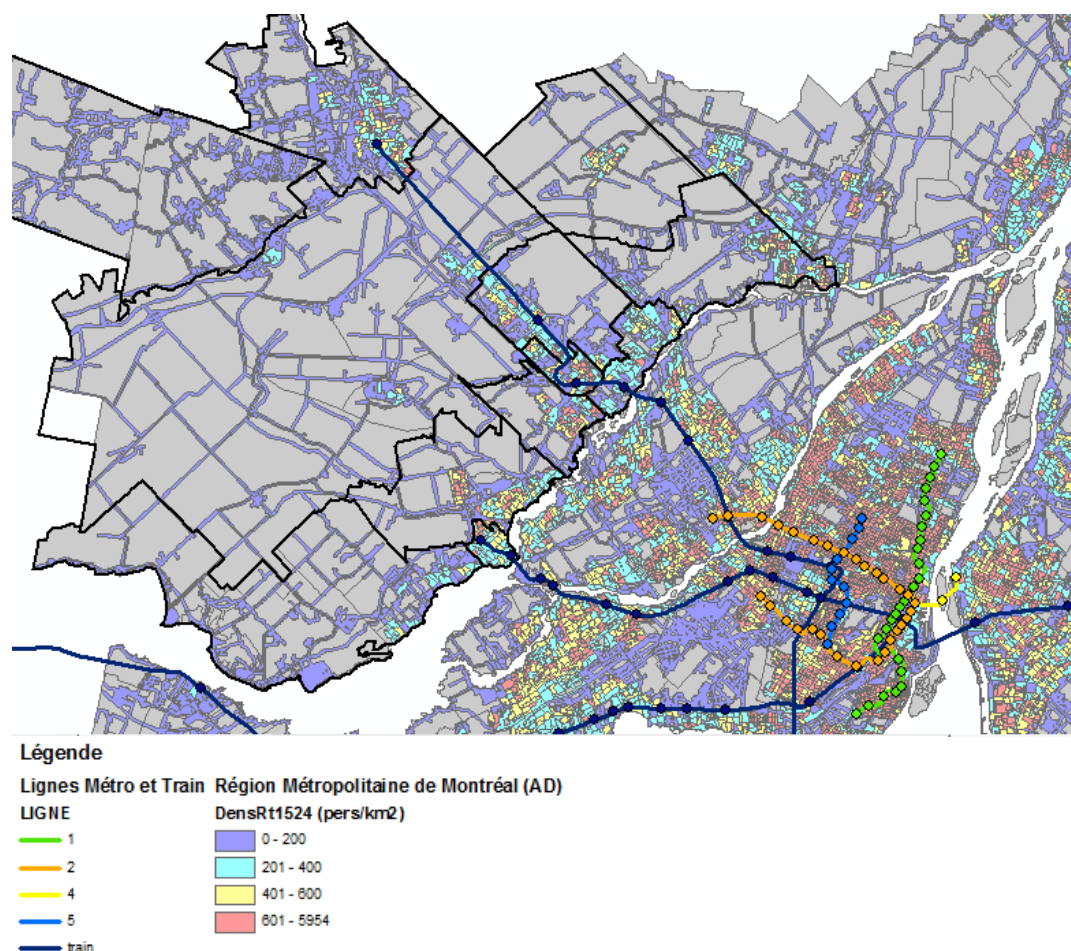


Figure 2-18 : Densité des 15-24 ans dans la Grande Région de Montréal (Données du Recensement canadien de 2006)

Quant à l'étude de la densité d'emploi ou de places dans les écoles, on ne dispose pas de ce renseignement dans le recensement. L'étude ne peut donc être menée avec la même précision dans le découpage territorial. On peut cependant dériver un nombre d'emplois par secteur municipal grâce aux matrices Origines-Destinations à partir du motif des déplacements (Chapleau & Morency, 2000a). On peut estimer que la somme des destinations pour motif Travail sur une période donnée dans une municipalité représente le nombre d'emploi sur cette période dans cette municipalité. Comme on s'intéresse plus particulièrement à la pointe du matin dans la suite de l'analyse de la demande, on peut se limiter aux destinations pour motif travail en pointe du matin.

Le même raisonnement est possible pour le motif Études dont on peut déduire le nombre de places occupées en école par municipalité. La signification de la densité obtenue par ce raisonnement pour les motifs Autres est plus incertaine et ne sera donc pas étudiée car il n'y a pas de correspondances un pour un entre la capacité des lieux d'activités et le nombre de personnes qui peuvent y avoir leur activité. Au contraire un emploi est occupé par une personne, comme une place en école est occupée par un élève.

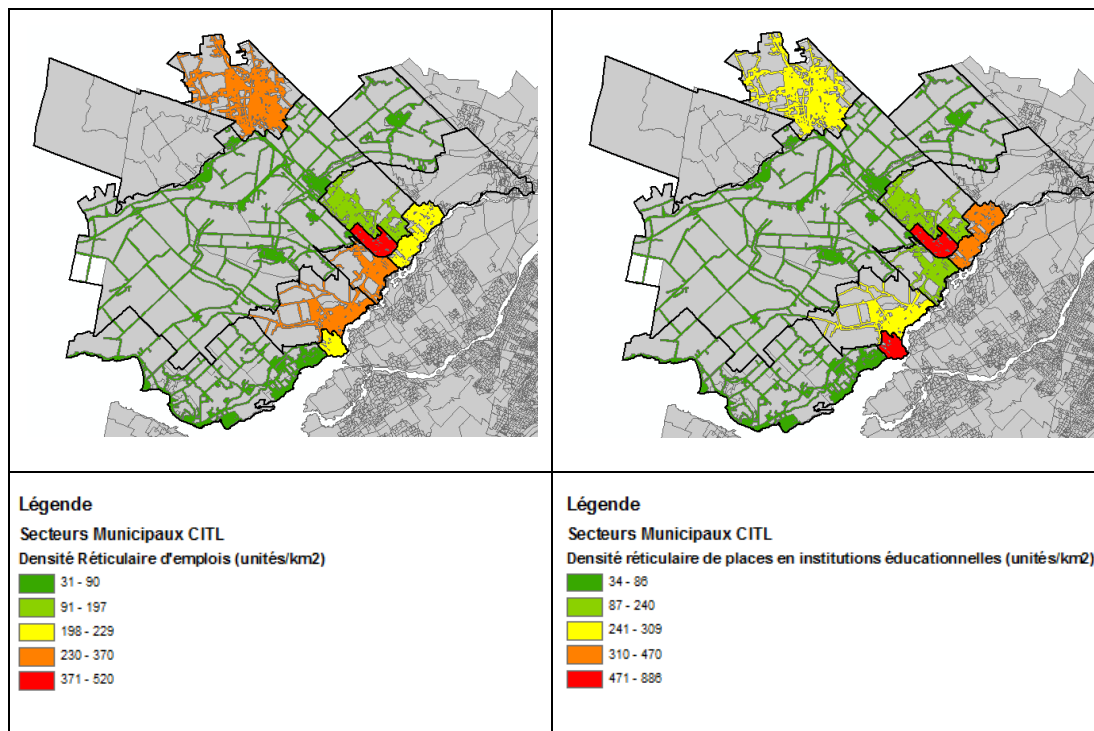


Figure 2-19 : Densités réticulaires d'emplois et de places dans les institutions éducationnelles estimées à partir des motifs des déplacements en pointe du matin. (Données : Enquête OD 2008)

Cependant la donnée des densités pour la lointaine banlieue ne peut prédire à elle seule si la municipalité sera plutôt émettrice ou réceptrice de déplacements car il faut prendre en compte le fort pouvoir attracteur de Laval et Montréal dont l'offre d'emplois et d'opportunités d'études sont supérieures.

Après avoir isolé des foyers de peuplement et d'activité, il est nécessaire d'étudier leurs interactions et les flux de personnes exprimés entre eux. En effet la donnée des densités nous indique où disposer d'éventuels arrêts de bus (ou autre dans d'autres circonstances) mais l'étude

des axes principaux de déplacement va permettre de relier ces arrêts entre eux et de les regrouper sous la forme de lignes.

2.4.2 Origines-Destinations sur le territoire du CITL et indépendances des territoires

La majorité des études de la littérature n'étudie presque seulement la mobilité vers le Centre-ville lorsqu'il s'agit de banlieue. Pourtant pour des régions plus éloignées dont le développement s'est réalisé par des politiques de colonisation, non du seul étalement urbain, on pourrait imaginer une certaine indépendance de la région, tout du moins pour un certain motif de déplacement.

Pour étudier l'orientation des flux de personnes dans la région gérée par le CITL on profite de la capacité des SIG à représenter les liens proportionnellement à un champ pour dessiner les lignes de désir entre les centroïdes des secteurs municipaux qui nous intéressent, ainsi que les déplacements internes. Comme on étudie la demande de transport en général on considérera les déplacements effectués par tous les modes, même non motorisés. Cependant on se limitera au sous-ensemble de déplacements ayant pour origine ou pour destination un des secteurs du territoire du CITL car ce sont seulement ces déplacements qui sont susceptibles d'emprunter le réseau du CITL. La période la plus critique en général dans le domaine du transport en commun étant la pointe du matin, on étudiera dans un premier temps cette période en particulier. La figure 2-20 représente donc les lignes de désir des déplacements ayant pour origine ou destination les 11 secteurs municipaux du territoire du CITL en pointe du matin pour différents motifs. Le motif «Autres» regroupe les motifs qui ne sont ni travail, ni études, ni retour à domicile.

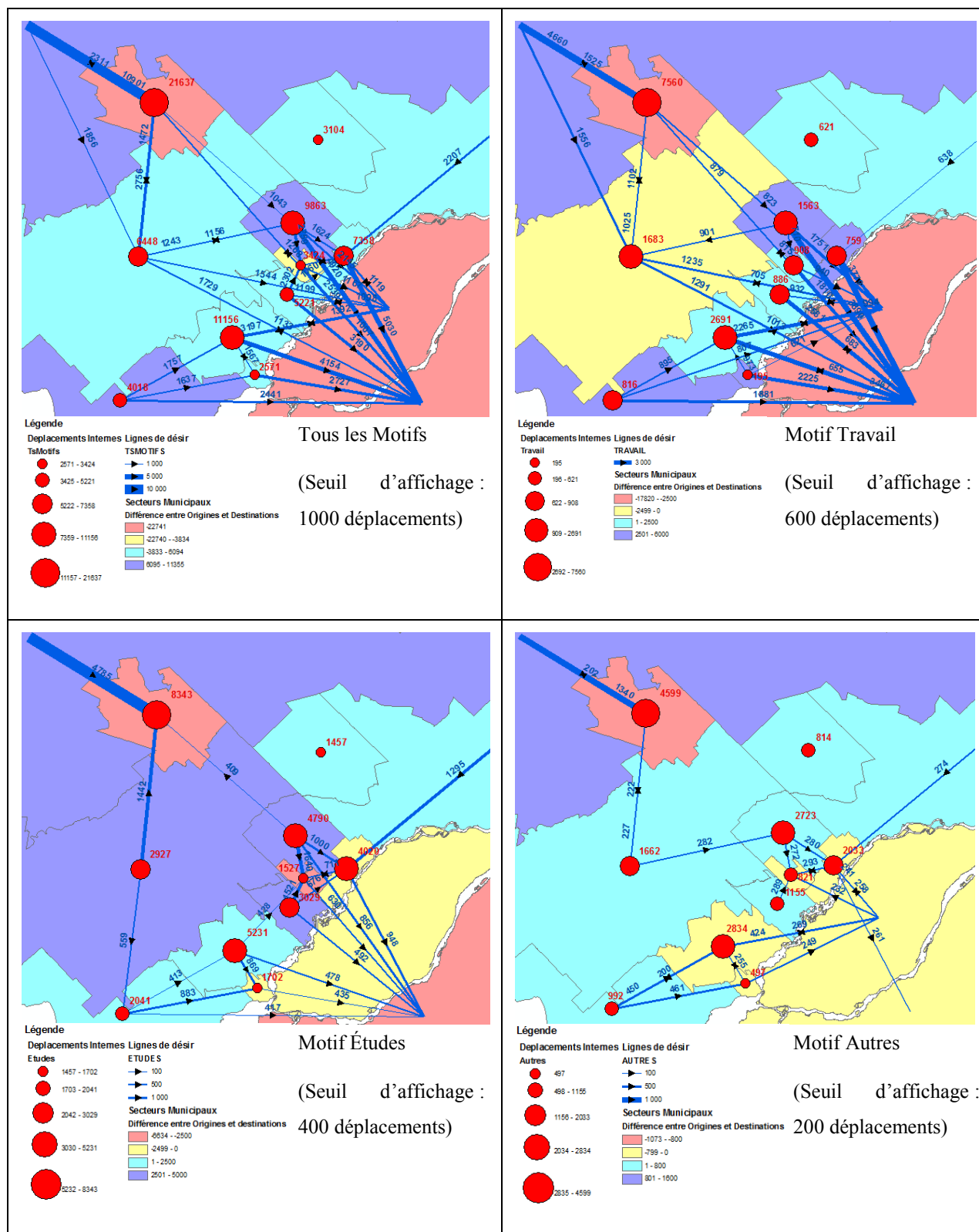


Figure 2-20 : Représentation des liens Origines-Destinations principaux par motif en pointe du matin pour les déplacements effectués vers le ou à partir du territoire du CITL

La coloration des zones représente le nombre d'origines moins le nombre de destinations par municipalité. Ceci permet de caractériser si une zone est plutôt attractrice de déplacements ou émettrice. Ainsi Saint-Jérôme est pour tous les motifs une zone d'attraction exercée essentiellement sur le nord des Laurentides et sur Mirabel et Blainville. De même Sainte-Thérèse par son CEGEP est un pôle attracteur pour le motif Études. Dans le troisième ensemble, Deux-Montagnes est un pôle attracteur pour les étudiants. Ceci permet d'avoir une idée de l'orientation des flux dans la région. Cependant la « balance commerciale » des déplacements ne peut expliquer seule la complexité des échanges, car les apports extérieurs ne combleront pas uniquement une pénurie de main d'œuvre, tout comme un ensemble de déplacements hors d'une zone ne marque pas forcément un manque de travail ou de capacité dans les institutions éducationnelles.

Tous motifs confondus, le marché le plus important en pointe du matin est celui des déplacements à l'intérieur du même secteur municipal. Il représente 44% de tous les déplacements issus des municipalités membres du CITL, comme on peut le voir sur la figure 2-21. Cependant l'importance de ce marché est diminuée par le peu de concurrence possible entre les modes motorisés (notamment le transport en commun) et les modes non motorisés, comme la marche, très présent pour les déplacements internes. Si on rajoute les autres déplacements internes au CITL, mais qui implique donc un changement de municipalité, cette part monte à 70%. Ceci montre une certaine indépendance du territoire. À titre de comparaison Laval est indépendant à 55% et Montréal à 94% tous motifs confondus. Les municipalités de Saint-Jérôme, Saint-Eustache et Blainville représentent les trois plus gros volumes de déplacements internes et pourraient mériter une desserte interne particulière.

Cependant l'ensemble du territoire reste très orienté vers Laval et Montréal qui représentent 26% de ses destinations, autant que les déplacements à l'intérieure du territoire régional mais hors de la municipalité d'origine. Cette orientation est d'autant plus vraie pour le motif travail où l'essentiel des flux les plus importants se dirigent vers ces deux municipalités et qui représentent 44% des destinations pour motif travail. Cette part dépasse même les 50% pour les municipalités en bordure de la rivière des Mille-Îles. Pour capturer la clientèle des travailleurs, un lien entre les municipalités de la rive et l'ensemble Laval-Montréal serait important. Mais le train créant déjà ce lien un rabattement pourrait suffire, d'autant plus que la clientèle des travailleurs, largement motorisée, est plus difficile à capturer. Au contraire, les déplacements pour motif Études se font à

59% au sein de la même municipalité et à 87% dans la région du CITL. Cependant le bus scolaire possède une part modale relativement importante chez les moins de 15 ans (cf. infra) en banlieue éloignée et limite donc la pénétration du transport en commun dans ce marché potentiel. Les autres motifs ce font aussi majoritairement (88%) au sein de la région et même à 66% dans la même municipalité. Les volumes sont par contre moins importants que pour les motifs travail et études.

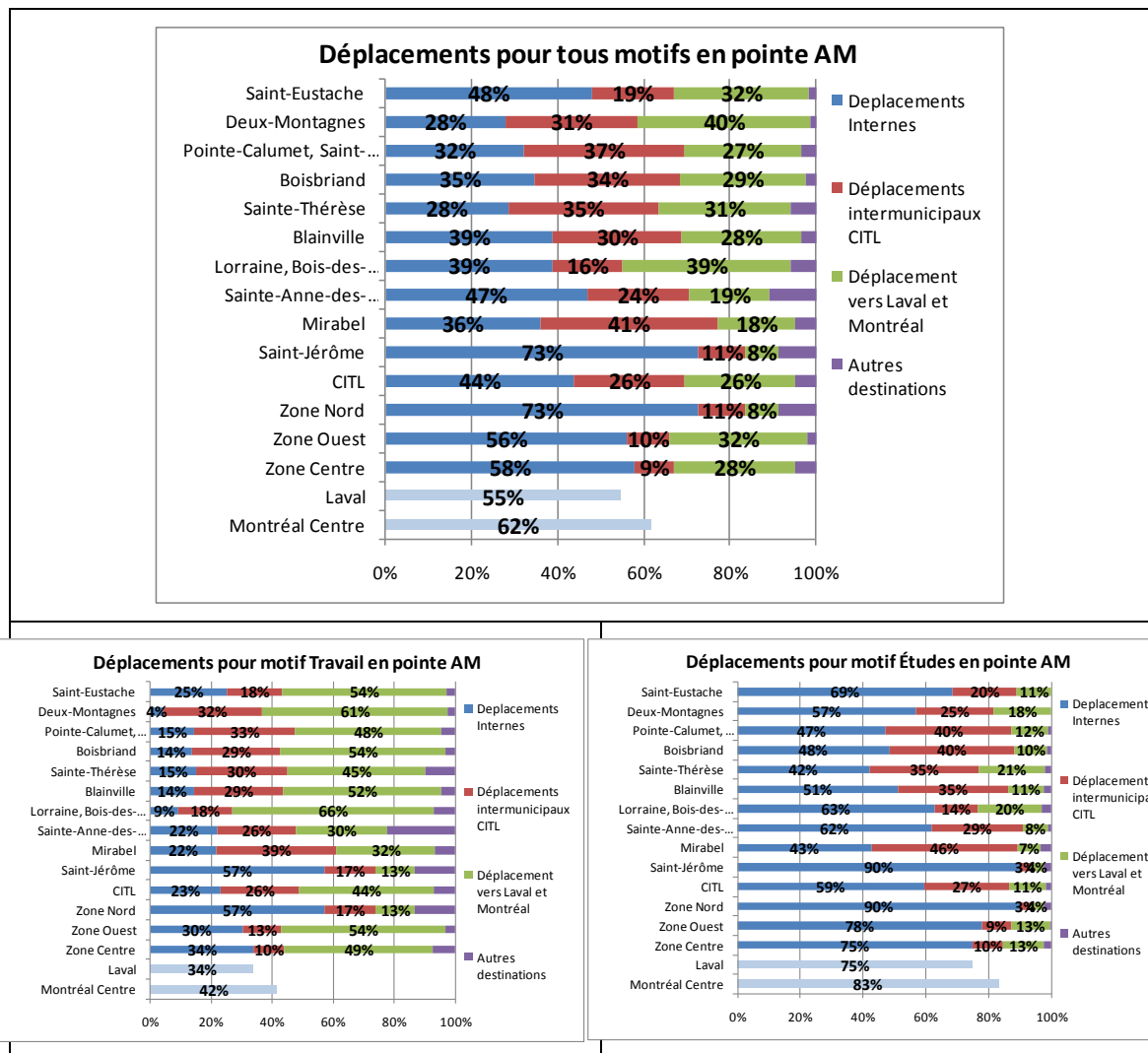


Figure 2-21 : Répartition du type de destination en fonction de la municipalité d'origine et du motif de déplacement en pointe du matin pour un jour moyen de semaine. (Données : Enquête OD 2008)

L'analyse des volumes principaux de déplacement montrés par la figure 2-20 montre quatre grands ensembles qui possèdent des logiques relativement indépendantes : Saint-Jérôme seul, le

triangle Saint-Jérôme/Mirabel/Blainville, le groupement Blainville/Lorraine-Rosemère-Bois-des-Filions/Sainte-Thérèse/Boisbriand et le triangle Saint-Eustache/Deux-Montagnes/Pointe-Calumet-Oka. Ceci peut être résumé par la formation de trois ensembles reflétés par la tarification actuelle : la Zone Nord formée par la desserte interne de Saint-Jérôme, la Zone Ouest formée par le triangle Saint-Eustache/Deux-Montagnes/Pointe-Calumet-Oka et la Zone Centre qui regroupe les autres municipalités. Leur indépendance en fonction du motif, c'est-à-dire la proportion de déplacements internes, est représentée sur la figure 2-20. Sur ces graphiques, les trois Zones sont traitées comme des municipalités, contrairement aux valeurs en face de « CITL » qui sont la synthèse des différentes municipalités du CITL. La définition de ces zones semble ainsi justifiée, car leur indépendance est du même ordre que celle de Laval et de la Communauté Urbaine de Montréal Centre et que leur connexion au reste du territoire du CITL reste faible. La municipalité de Saint-Jérôme se démarque tout de même par sa forte indépendance et agit comme un pôle local qui attire un certain nombre de personnes des régions plus au Nord. L'éloignement du Centre-ville explique vraisemblablement ce caractère autonome.

2.4.3 Étude démographique de la mobilité sur le territoire du CITL

Il est souvent considéré que la position d'une population dans son cycle de vie influe sur sa mobilité. De façon traditionnelle la structure démographique s'exprime par la courbe démographique qui représente par sexe le nombre de personnes dans chaque cohorte d'âge. Il est alors possible de la segmenter en fonction de grandeurs propres aux personnes qu'on veut mettre en relation avec l'âge et/ou le sexe des personnes. Dans toutes les figures démographiques qui suivent les femmes seront à droite et les hommes à gauche. Par exemple la figure 2-22 marque le statut principal (travailleur, étudiant, autre mobile et non mobile) de la population résidente du territoire du CITL en comparaison du Centre de l'île de Montréal et de Laval en 2008.

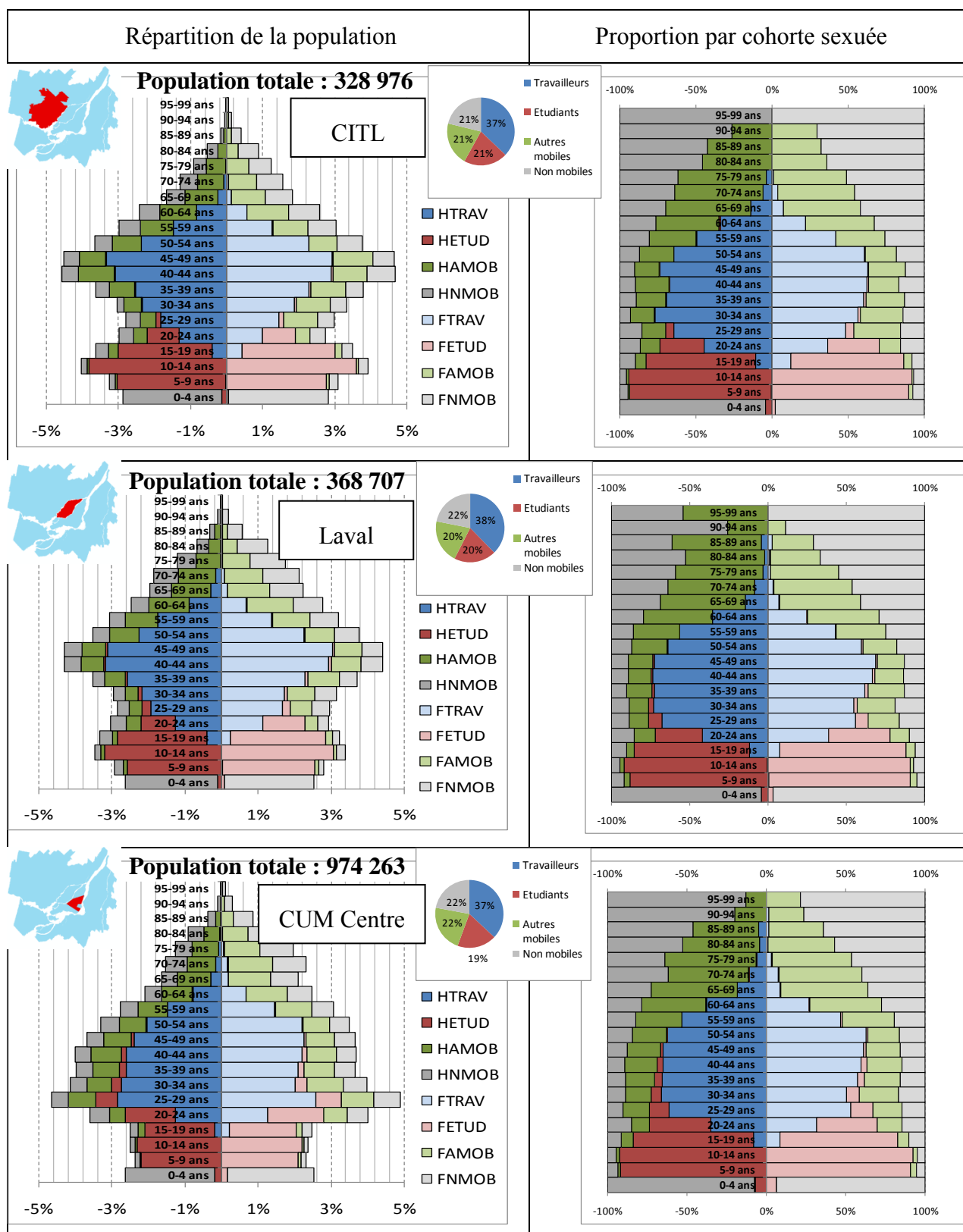


Figure 2-22 : Courbes démographiques segmentées selon le statut principal des personnes pour les régions CITL, Laval et CUM Centre en 2008.

Ces courbes montrent que :

- La population des banlieues est plus familiale que dans le Centre car on retrouve simultanément des jeunes et des adultes dans la quarantaine en grand nombre. La proportion de personnes de plus de 65 ans est plus forte au Centre avec un plus important déséquilibre Homme/Femme chez les seniors. Laval se situe entre les deux, avec une ressemblance plus marquée avec le CITL.
- La répartition globale des statuts dans la population ne connaît pas de différences notables entre les trois régions. Cependant, au Centre, la proportion d'étudiants et de travailleurs « âgés » est plus forte. Ceci montre soit un départ à la retraite plus tardif des résidents du Centre ou une relocalisation des résidents de banlieue à Montréal après leur départ à la retraite.
- On retrouve toujours un décalage entre le taux d'emploi (proportion de travailleurs par rapport à la population totale) des hommes (40%) et des femmes (33%). Cependant il n'existe pas non plus de différences notables entre les trois secteurs. La population féminine de banlieue a rattrapée celle du Centre en termes d'emplois.

Au final le statut principal des personnes varie peu en proportion entre les différents secteurs. Cependant il correspond aussi à des standards nationaux (âge légal de départ à la retraite, âge minimal d'entrée sur le marché du travail,...) qui encadrent fortement l'entrée d'une cohorte dans une catégorie plutôt qu'une autre. Par contre la différence de la structure démographique apparaît assez clairement. La figure 2-23 montre la proportion de chaque cohorte sexuée selon le nombre de personnes du ménage et le nombre d'automobiles dans le ménage pour le territoire du CITL. Ceci permet d'apercevoir la dynamique de motorisation des ménages. En comparaison les figures 2-24 et 2-25 reprennent la même analyse pour Laval et la zone correspondant à l'ancienne CUM Centre.

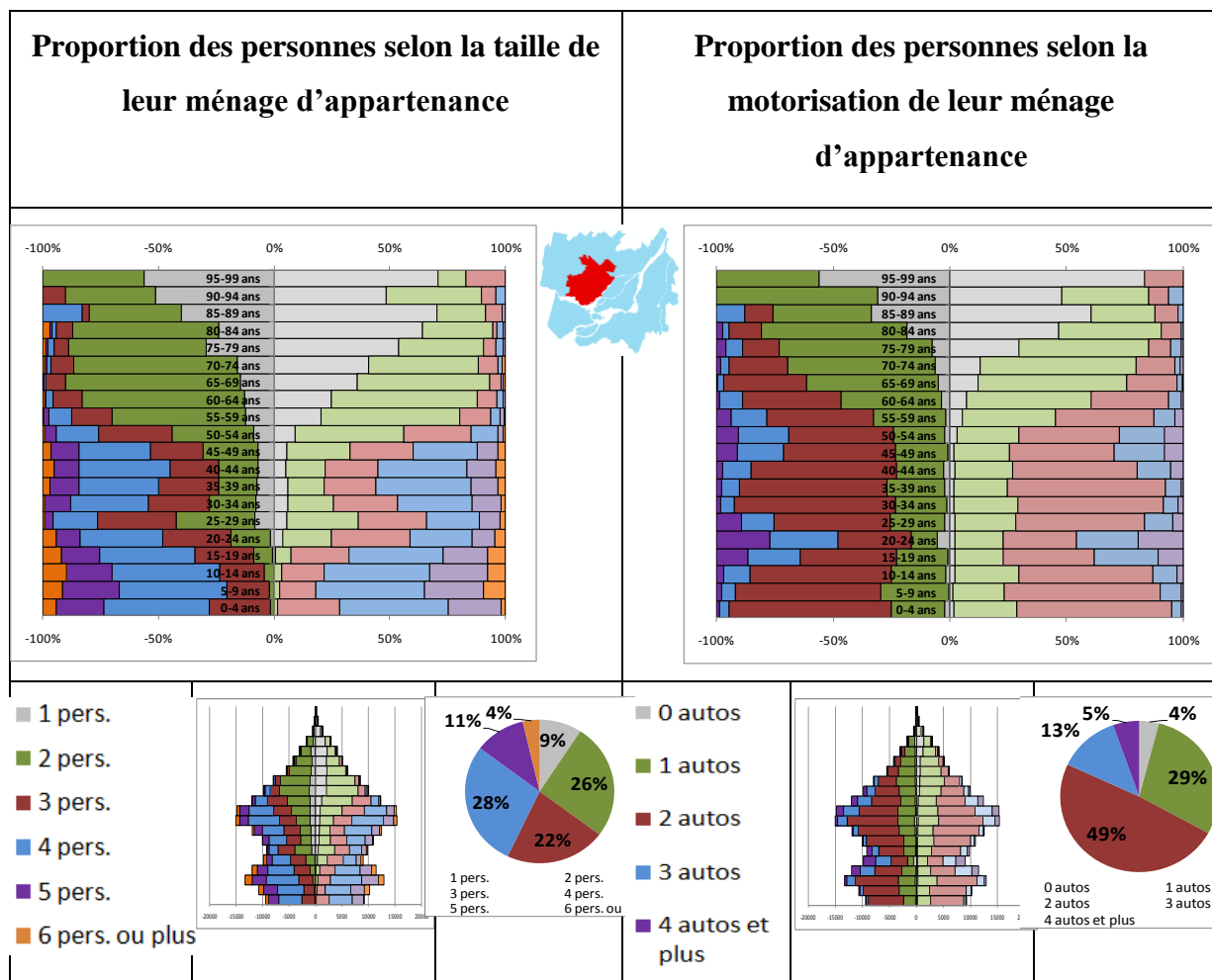


Figure 2-23 : Répartition des cohortes sexuées selon la taille et la motorisation de leur ménage d'appartenance pour le territoire du CITL en 2008.

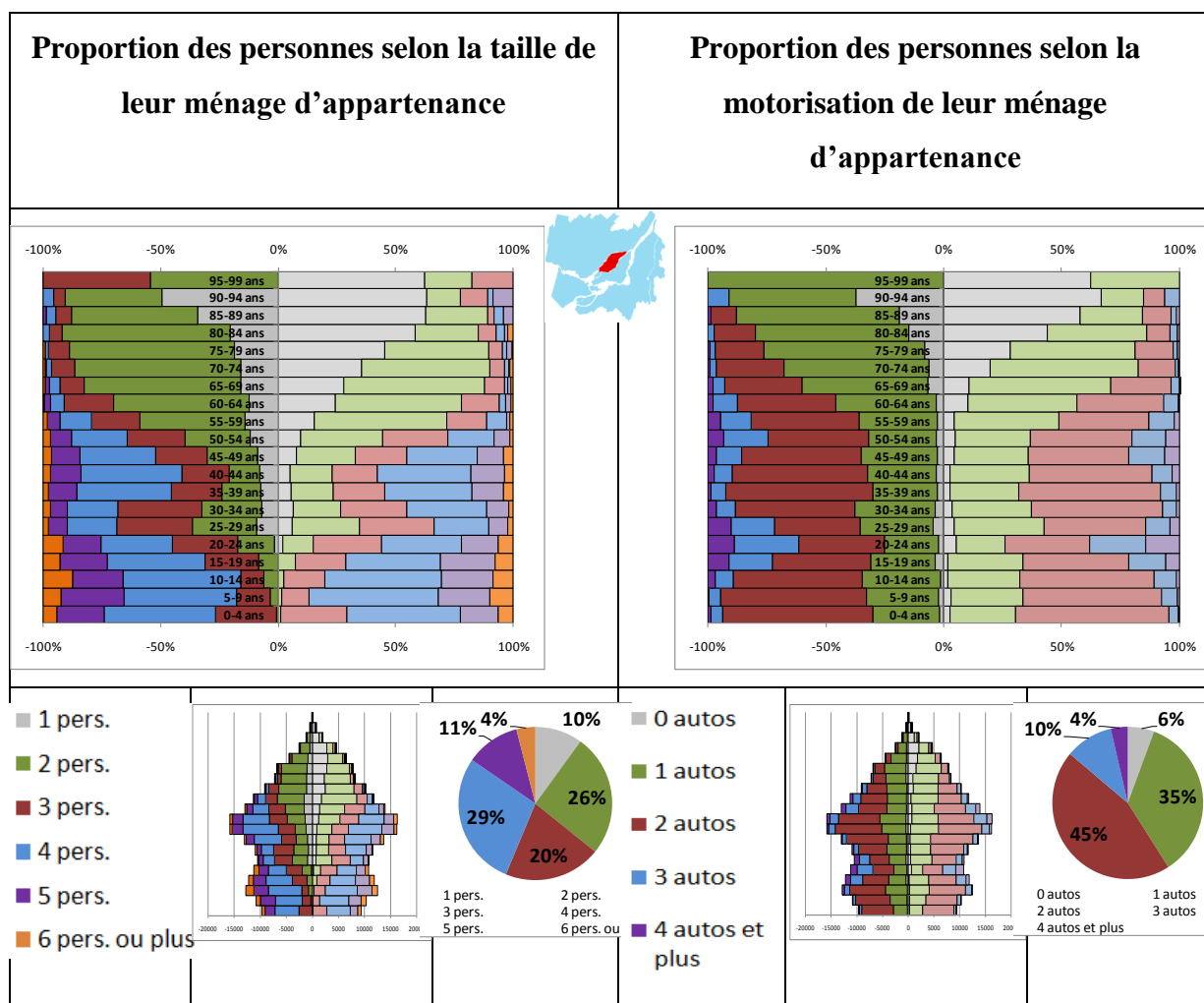


Figure 2-24 : Répartition des cohortes sexuées selon la taille et la motorisation de leur ménage d'appartenance pour le territoire de Laval en 2008.

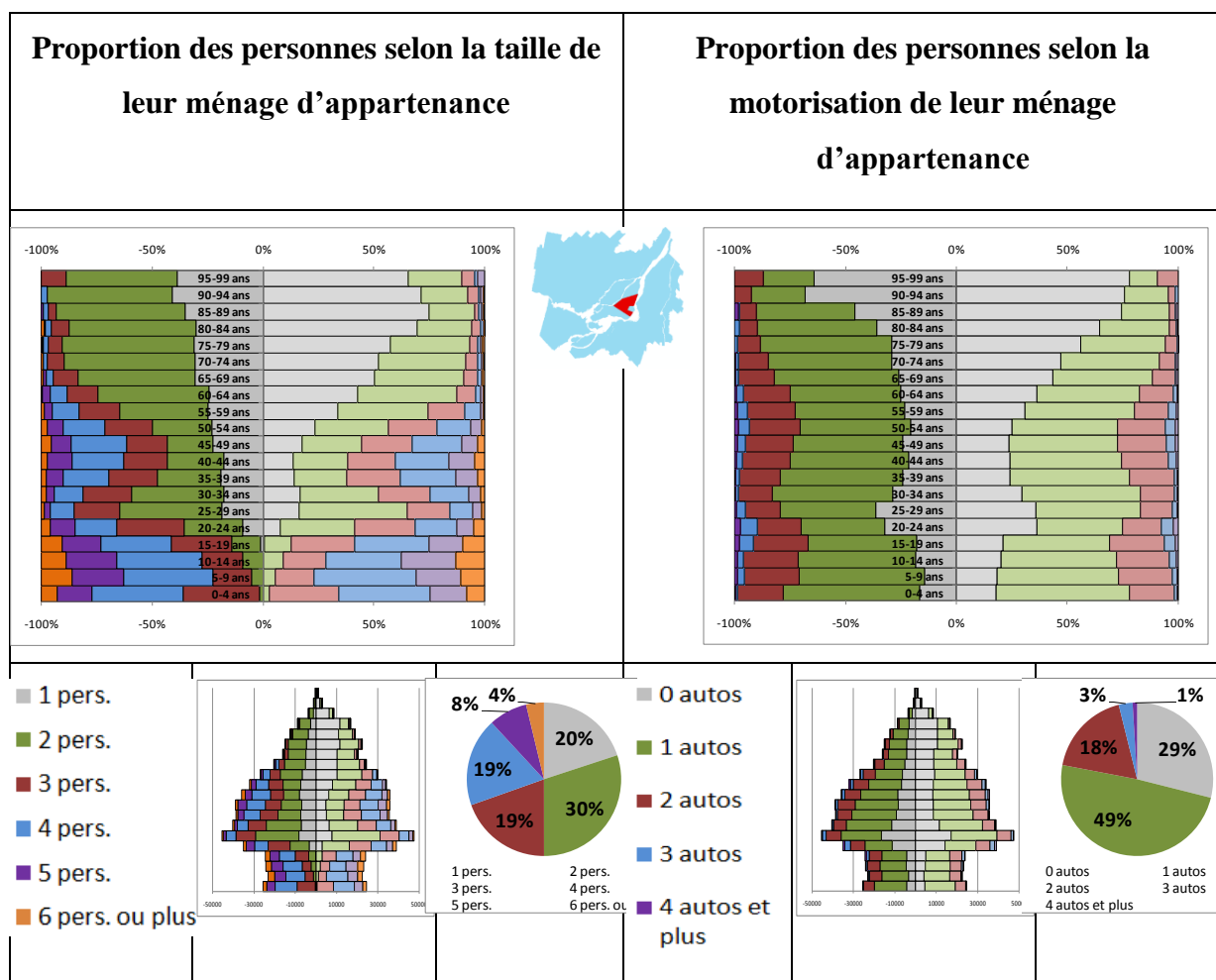


Figure 2-25 : Répartition des cohortes sexuées selon la taille et la motorisation de leur ménage d'appartenance pour le territoire du la CUM Centre en 2008.

L'analyse des courbes montre que :

- En banlieue, les ménages s'équipent de plus en plus en automobiles à mesure que les enfants du ménage atteignent l'âge de conduire. On obtient ainsi deux vagues symétriques de motorisation chez les cohortes d'âge : une qui atteint son maximum à 20-24 ans et l'autre à 50-54 ans.
- À Laval ou sur le territoire du CITL, les enfants naissent dans des ménages qui possèdent 2 voitures ou plus à 75%. Dans la CUM Centre c'est la situation opposée qui domine : les enfants naissent dans des ménages qui ont une voiture ou moins à 75%.

- Au centre de l'île de Montréal 20% des personnes vivent seules, alors que c'est le cas pour seulement 9% d'entre elles dans la Couronne où cela ne concerne quasi exclusivement les personnes âgées et surtout les femmes.
- Le nombre de personnes dans le ménage le plus fréquent en banlieue est 4, ce qui confirme la structure familiale. Au centre de l'île de Montréal ce sont les ménages de deux personnes les plus fréquents : la proportion de couples sans enfants et de familles monoparentales avec un seul enfant est plus forte.

Au final la structure des ménages diffère peu entre la Couronne et Laval. La motorisation des ménages reste proche même si elle est plus forte pour la lointaine banlieue. La prédominance de ménages familiaux et une possession de 2 autos ou plus est caractéristique de la banlieue en général et non particulièrement de la proche ou lointaine banlieue. Ces différences notables avec la CUM Centre marquent un phénomène de frontière très important : le franchissement de la Rivière des Prairies implique un changement beaucoup plus radical sur la structure des ménages que celui de la Rivière des Mille-Îles.

Afin de représenter plus particulièrement la dynamique de la motorisation progressive des ménages, la figure 2-26 reprend la répartition des ménages de différentes tailles en fonction de la possession automobile pour le territoire du CITL.

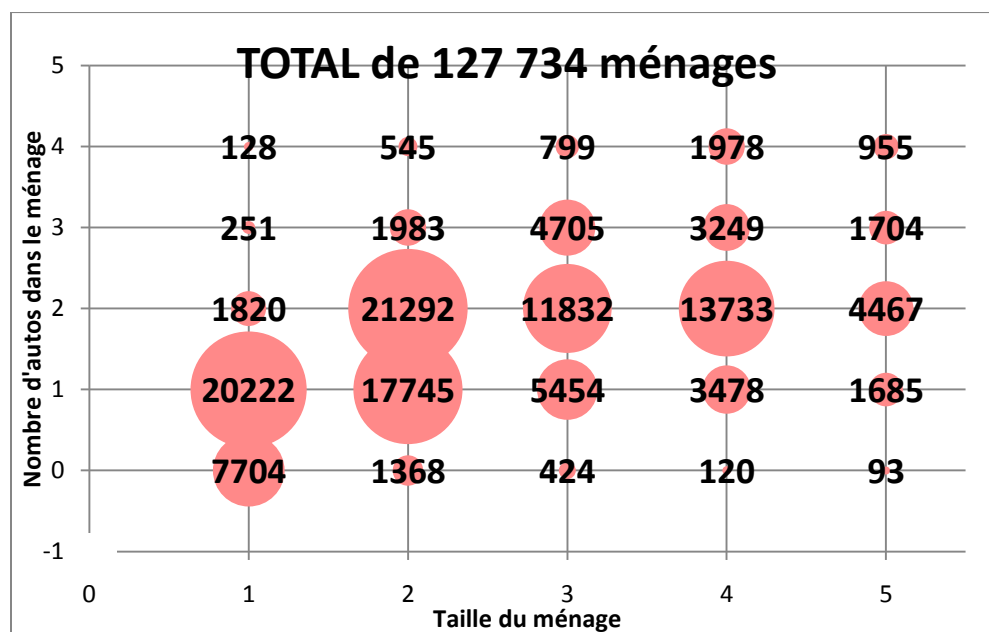


Figure 2-26 : Répartition des ménages du territoire du CITL en fonction de la taille du ménage et de la possession automobile en 2008 (Données : Enquête OD métropolitaine).

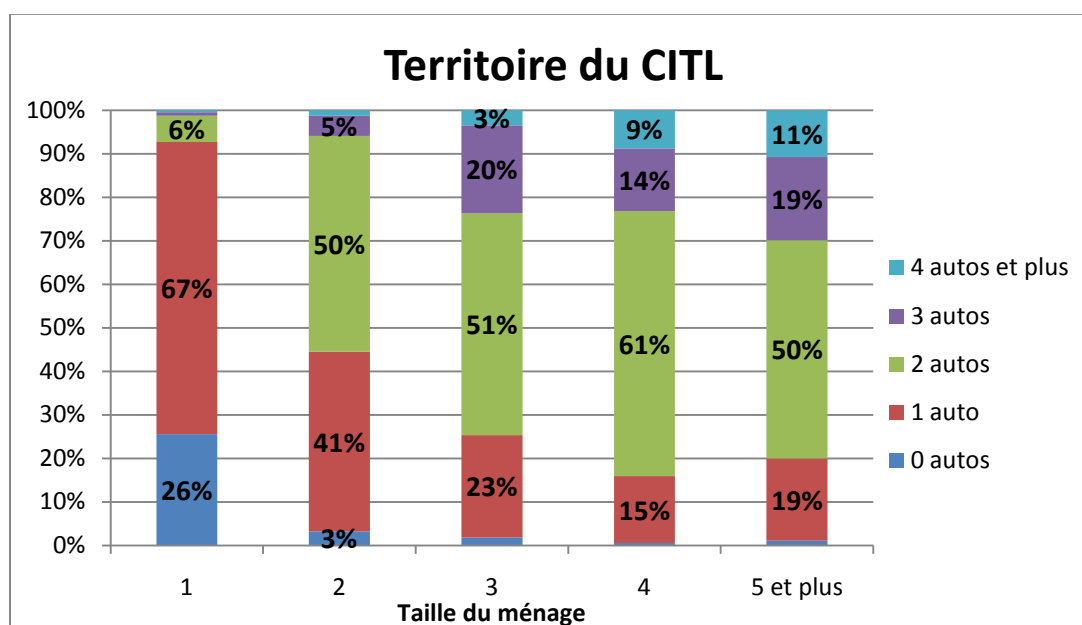


Figure 2-27 : Répartition des ménages d'une certaine taille selon leur motorisation en 2008.

On peut remarquer qu'en fonction de l'accroissement de la taille du ménage celui-ci va accroître la taille de sa flotte de véhicules. Par exemple le passage d'une à deux personnes va s'accompagner de l'acquisition du premier ou du deuxième véhicule. Ensuite le passage à trois personnes va amener l'acquisition d'un troisième ou d'un deuxième véhicule. Au-dessus la part

des ménages qui ne possèdent qu'un véhicule semble se stabiliser, ce qui est probablement dû au revenu du ménage.

Enfin dans les études de mobilité il est classique de représenter les courbes démographiques segmentées en fonction du mode de déplacement vers l'activité principale (celle dont est dérivé le statut dans la figure 2-22). Cette représentation permet de voir quelle utilisation des modes de transport est faite par les différentes classes d'âge et donc de différencier les comportements de choix modal en fonction de l'âge. La figure 2-28 représente la « pyramide des âges » segmentée en fonction du mode de déplacement vers l'activité principale pour le territoire du CITL. Le graphique par secteurs ne représente pas la part modale de chaque mode mais la répartition des personnes selon leur mode déplacement vers l'activité principale.

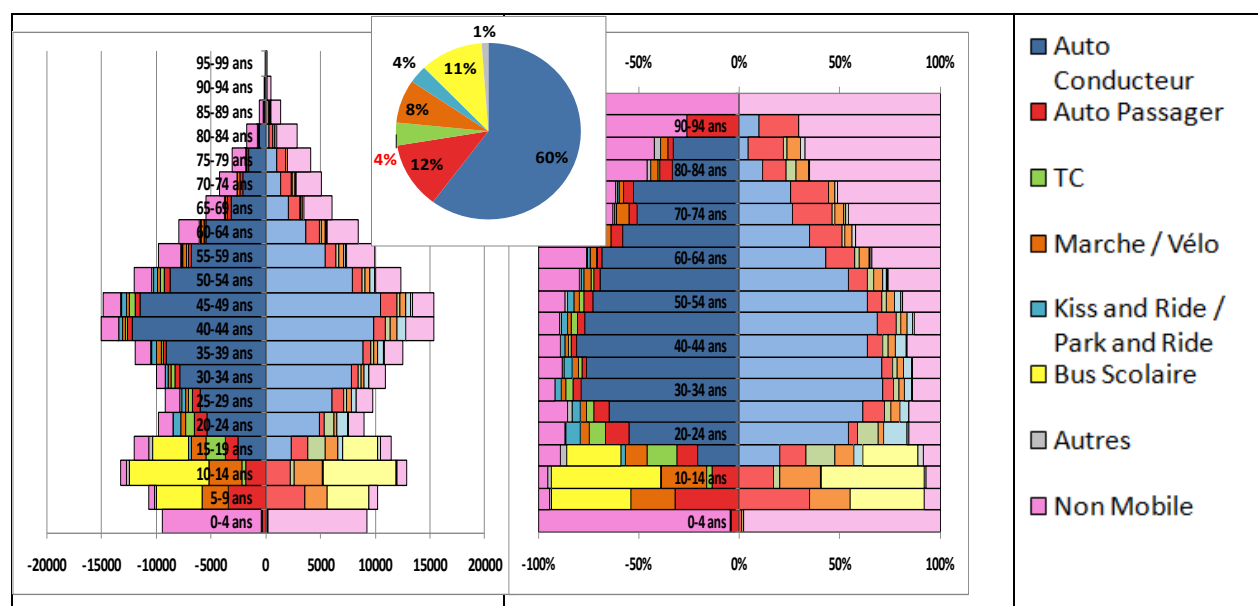


Figure 2-28 : Courbe démographique segmentée par mode de déplacement vers l'activité principale pour le territoire du CITL en 2008.

Certains éléments caractéristiques de la lointaine banlieue ressortent sur ce graphique :

- La prédominance du mode Auto Conducteur. 60% de la population résidente conduit un véhicule pour se rendre sur son lieu d'activité principal. Comme la proportion d'Auto Passagers est de 12%, ceci signifie qu'en général les résidents sont seuls dans leur véhicule.
- Chez la population sans-permis (moins de 16 ans) c'est le bus scolaire qui est le mode de déplacement privilégié. 40% des 5-19 ans l'utilisent pour se rendre sur le lieu de leur

activité principale. Les autres modes importants pour cette catégorie sont Auto-Passager (19%) et la marche/vélo (18%). On peut aussi remarquer que l'utilisation du mode Auto-passager est plus forte chez les femmes (11%) que chez les hommes (8%).

- Le transport en commun, pour l'activité principale, n'est utilisé de façon significative que par les 15-19 ans – 15% des 15-19 ans prennent le transport en commun - et par les 20-24 ans, qui l'empruntent à 9%. De façon classique, il est aussi plus utilisé par les femmes que par les hommes.

Le Recensement Canadien de 2006 ainsi que les données d'enquête Origine-Destination métropolitaines de 2008 ont permis d'apporter de nombreux éclairages sur le visage de la lointaine banlieue, tant au point de vue de son territoire que de sa population. En effet on a pu voir que le territoire est très fragmenté par un grand contraste dans les densités. Ces densités se sont développées par vagues successives le long des axes autoroutiers (Autoroute 15 et 640 essentiellement). Ces vagues ont été maximales dans la période qui s'étale du milieu des années 1980 au milieu des années 1990. Un important regain d'activité au début des années 2000 est aussi enregistré. L'étude de la population et de sa mobilité a confirmé différents éléments. La banlieue est caractérisée par une structure familiale des ménages, ce qui confirme le mythe de la «suburb» nord-américaine. En outre ces ménages sont beaucoup plus motorisés qu'ailleurs dans la métropole, motorisation globalement croissante avec la taille du ménage. En découle donc une faible utilisation du transport en commun (4%), donc la part modale est plus faible que celle du bus scolaire (11%) ou même celle des modes actifs (8%). Ensuite différents marchés de déplacements ont été identifiés. Si la part des déplacements vers le Centre-ville est importante, surtout pour le motif travail, il est possible d'identifier certaines zones dont l'autonomie en terme de paires origine-destination est comparable à celle des arrondissements centraux de Montréal ou à Laval. Le besoin de desserte locale à l'intérieur de ces zones est donc important.

CHAPITRE 3 OFFRE DE TRANSPORT EN COMMUN PAR BUS

L'analyse de l'offre de service lors de l'étude d'un système de transport en commun est une étape capitale. Pour un planificateur cette étape lui permet de s'approprier son réseau, d'en retirer ce qui lui est spécifique, de le hiérarchiser et d'estimer les ressources consommées. Si l'analyse est effectuée sur un réseau existant, elle peut servir de référence à l'établissement de modifications ultérieures. Effectuée sur ces alternatives elle va permettre d'en évaluer la pertinence.

Cette analyse dépend éminemment du contexte dans lequel elle est faite. Le fait de considérer un système rural de transport collectif va donc jouer un rôle important. Un effort particulier de caractérisation de l'offre devra donc être entrepris afin de moduler ce qui est connu et largement documenté sur les réseaux urbains. Après avoir défini dans un premier temps les principaux objets de l'offre de transport en commun, on présentera la grande disparité de propriétés au sein des lignes de transport en commun dans notre région d'étude. Ainsi, on appliquera les méthodes de classification de fouille de données afin de créer des groupes de lignes ayant une certaine similarité et établir une hiérarchie de l'offre. Enfin, grâce à ce nouvel angle de vue, une analyse des ressources sera entreprise.

3.1 Définition des principaux objets d'un réseau de transport en commun

La définition de ce que sont les éléments de l'offre de service varie en fonction de la culture ou de l'environnement du système de transport. Ainsi la notion de ligne ou d'arrêt peuvent varier entre les milieux. Il est donc important de bien définir les principaux objets que nous allons ensuite chercher à caractériser. On rappellera tout d'abord qu'on parle ici d'un réseau uniquement desservi par des bus. Les définitions données ci-dessus sont adaptées de deux ouvrages de Vuchic (2005, 2007) :

- Une **ligne** est le regroupement de l'infrastructure (ensemble de rues ou de voies) et du service offert sur une géométrie fixe par les véhicules circulant d'après un horaire planifié. On retrouve dans cette définition les deux dimensions et les deux fonctions d'une ligne de transport en commun. Les deux dimensions sont géométrie (spatiale) et horaire (temporelle), alors que les deux fonctions sont de structurer l'offre (infrastructure) et

d'être repérable par l'utilisateur (service). La fixité de la géométrie est généralement respectée dans la conception urbaine occidentale d'une ligne de transport en commun, mais cette notion peut changer.

- Le **parcours** est l'ensemble des segments de rue empruntés par un véhicule. C'est la traduction géométrique des gauche-droite distribués aux chauffeurs. Un regroupement de parcours constitue l'assise spatiale d'une ligne.
- L'**arrêt** est le lieu d'embarquement ou de débarquement des passagers à bord d'un véhicule. Ils sont répartis sur les parcours et sont marqués par une infrastructure et une symbolique particulière afin d'être reconnu de l'utilisateur et du chauffeur.
- Le **point de contrôle** est un arrêt où l'horaire planifié est défini pour un départ donné sur une ligne donnée.
- Le **terminus** est l'extrémité d'une ligne de transport en commun. C'est le premier ou le dernier arrêt d'un parcours.
- Le **départ** ou le **voyage** correspond au passage unique d'un véhicule sur un parcours selon un horaire planifié. L'ensemble des voyages correspond au cadrage temporel d'une ligne de transport en commun.
- Un **réseau** de transport en commun est un ensemble de lignes.
- La **flotte** est l'ensemble des véhicules nécessaires pour opérer ce réseau.
- L'**intervalle** est l'écart de temps entre les passages de deux véhicules au même point sur la même ligne et la même direction. La difficulté de la notion d'intervalle est qu'il peut varier entre différents points d'une même ligne d'après cette définition.
- La **fréquence** est l'inverse de l'intervalle.
- La **capacité**, ou plus précisément la capacité de la ligne selon un horaire planifié, est le nombre de places offertes sur une ligne à un point de référence, dans une direction, sous un horaire planifié, pendant une heure. Elle s'exprime en places par heure. Elle est le produit de la capacité nominale d'un véhicule (65 places ici) et de la fréquence de service dans la direction considérée, au point considéré.

- Le nombre de **véhicules-heures productifs** (c'est-à-dire accessibles à la clientèle) est un indicateur de volume d'offre de service. Il est lié aux coûts de la main d'œuvre et a fortiori aux coûts d'opération.
- Le nombre de **véhicules-km productifs** est un indicateur de productivité d'un système de transport collectif. Il est lié aux coûts de fonctionnement des véhicules.
- La **période de pointe** est considérée, pour notre cas, comme durant, le matin, du début du service à 5h jusqu'à 9h et le soir de 16h à 19h.

3.2 Ensemble de données

La Grande Région de Montréal offre l'opportunité unique de pouvoir disposer de données précises et normalisées pour le service planifié. Cet effort est particulièrement intéressant dans l'étude de la lointaine banlieue, car on dispose dès lors de données de même qualité qu'en milieu urbain. L'ensemble de données, dont on dispose, qui résume l'information sur le service planifié est une forme partielle d'un ensemble plus vaste appelé INFOMIT. Il se présente sous deux sous-ensembles de données : une base de parcours et une base de voyages. On dispose des deux sous-ensembles qui correspondent au service offert par le CITL, et qui résument sous forme de base de données l'information fournies par le site internet de cette société de transport. Les figures 3-1 et 3-2 montrent un aperçu de la forme sous laquelle l'information est présentée sur ce site.

CITL

■ POUR NOUS JOINDRE

Horaire

Circuit 9: Saint-Jérôme - Laval

Ce tableau donne les heures de passage à certains arrêts du circuit. Si votre arrêt n'est pas sur cette liste, cliquez sur un numéro de tracé pour afficher tous les arrêts.

↑

Direction Laval - Station Montmorency (quai no

Cliquez sur un numéro de tracé pour obtenir la liste complète des ai

Lundi au vendredi		Tracés ▶	2	6	2	12	2	6	2	2	2
Zone	Arrêts	Départs ▶	2	4	6	12	8	10	14	16	18 20
7	Gare Intermodale de St-Jérôme		05:00		05:35	05:55	05:46		06:05	06:15	06:25 06:34
7	rue du Palais / rue Fournier										
7	boul. des Laurentides / boul. St-Antoine		05:05		05:40		05:51		06:10	06:20	06:30 06:39
6	boul. Curé-Labelle / rue Victor		05:14		05:49		06:00		06:19	06:29	06:39 06:48
6	boul. du Curé-Labelle / 100e avenue est		05:21	05:41	05:56		06:07	06:12	06:26	06:36	06:46 06:55
6	boul. du Curé-Labelle / 70e avenue est		05:24	05:44	05:59		06:10	06:15	06:29	06:39	06:51 06:58
5	rue de l'Église / face au bureau de poste		05:35	05:55	06:10		06:21	06:26	06:40	06:51	07:05 07:10
5	Gare Sainte-Thérèse		05:39	05:59	06:14		06:25	06:30	06:44	06:55	07:10 07:15
5	Départ: Gare Sainte-Thérèse		05:40	06:00	06:15		06:30	06:31	06:45	06:56	07:15 07:16
3	Station Montmorency		05:57	06:22	06:37	06:45	06:52	06:57	07:11	07:24	07:45 07:46

Points de contrôles

Figure 3-1 : Horaire des voyages de la ligne 9 d'après le site internet du CITL.

CITL

■ POUR NOUS JOINDRE



↑

Liste des arrêts

Circuit : Saint-Jérôme - Laval

Tracé 2 : Direction Laval

Liste des arrêts

Voici la liste des arrêts parcourus par le tracé 2 (Direction Laval) du circuit : Saint-Jérôme - Laval.
Pour afficher les heures de passage à un arrêt, cliquez sur sa description.

Zone	Localisation	Arrêt	Distance
7	Gare Intermodale de St-Jérôme (Saint-Jérôme)	80501	0.0
7	rue Latour / rue de Villemure (Saint-Jérôme)	80588	0.2
7	rue Labelle / rue St-Ignace (Saint-Jérôme)	80971	0.5
7	rue Labelle / rue St-Faustin (Saint-Jérôme)	82522	0.6
7	rue Labelle / rue Montigny (Saint-Jérôme)	80985	0.8
7	rue de Montigny / face à l'École St-Jean-Baptiste (Saint-Jérôme)	80986	1.0
7	rue de Montigny / face à l'hôpital (Saint-Jérôme)	80987	1.2
7	boul. des Laurentides / face à Harvey's (Saint-Antoine)	80974	1.4
7	boul. des Laurentides / Centre commercial (Saint-Antoine)	82526	1.8
7	boul. des Laurentides / boul. St-Antoine (Saint-Antoine)	82527	2.2

Figure 3-2 : Tracé numéro 2 de la ligne 9 d'après le site internet du CITL.

La base PARCOURS contient donc la géométrie des lignes. Chaque ligne se compose de plusieurs TRACÉS qui correspondent à des variantes ou des raccourcissements d'un schéma géométrique de base.

Le second ensemble, VOYAGES, contient l'horaire planifié de chaque ligne. Cet horaire est regroupé par lignes et par DÉPARTS. L'horaire n'est pas défini à tous les arrêts mais seulement à quelques points de contrôle.

Ceci nous permet de tracer dans un premier temps la carte du réseau, afin de figurer spatialement le système de transport dont il va être question dans toute la suite de cette analyse (figures 3-3, 3-4 et 3-5).

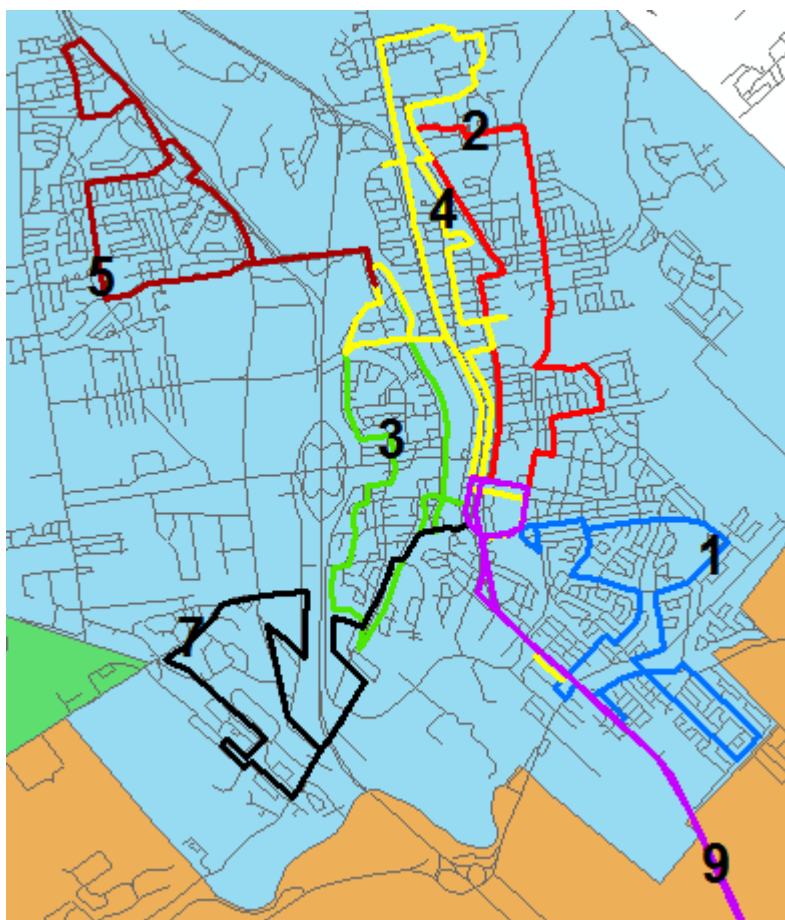


Figure 3-3: Lignes de bus desservant Saint-Jérôme (Secteur Nord). Données INFOMIT automne 2008

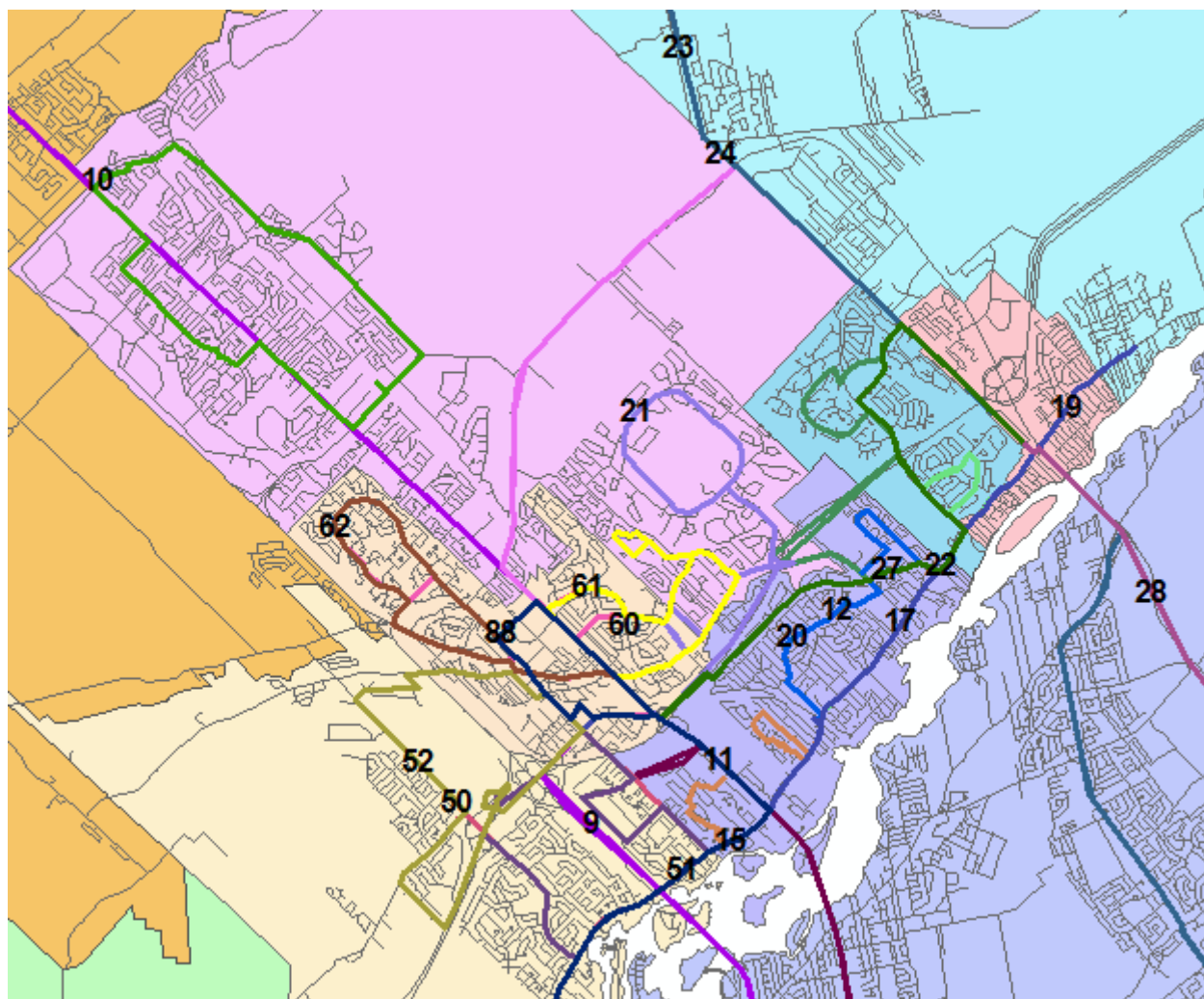


Figure 3-4 : Lignes de bus desservant le Secteur Centre. Données INFOMIT automne 2008

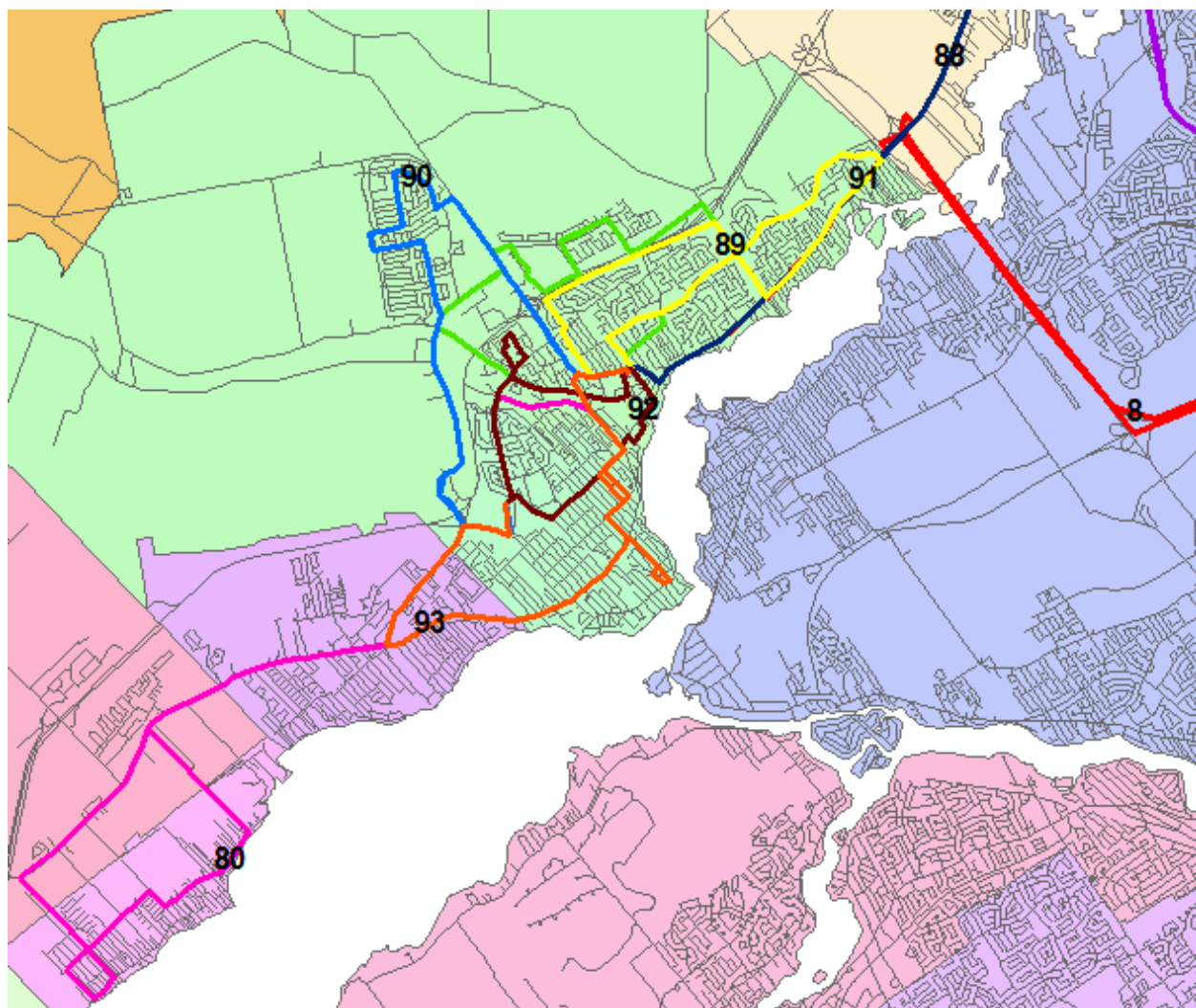


Figure 3-5 : Lignes de bus desservant le Secteur Ouest. Données INFOMIT automne 2008

L'espace et le temps, intrinsèquement liés dans les phénomènes de transport, se retrouvent ainsi séparés. Il peut être intéressant de fusionner ces deux sous-ensembles pour former une base de données uniques décrivant la position planifiée des bus à un moment donné. On constitue une telle base de données en exprimant explicitement la séquence d'arrêt complète pour chaque voyage et en interpolant linéairement l'horaire planifié entre deux points de contrôle (prise en compte de la distance inter-arrêts). Les enregistrements ainsi obtenus sont des événements uniques dans l'espace-temps d'une journée de transport en commun qui sont le passage d'un véhicule à un arrêt ou un point géométrique sur une ligne. Ces arrêts-événements sont regroupés sous formes de trajectoires qui sont les traces laissées par les véhicules dans le volume espace-temps. La figure 3-6 représente graphiquement le résultat d'une telle fusion. Elle correspond à

ces trajectoires espace-temps pour les lignes 1 à 7 du réseau du CITL et montrent les mouvements de divergence puis convergence sur un terminus commun.

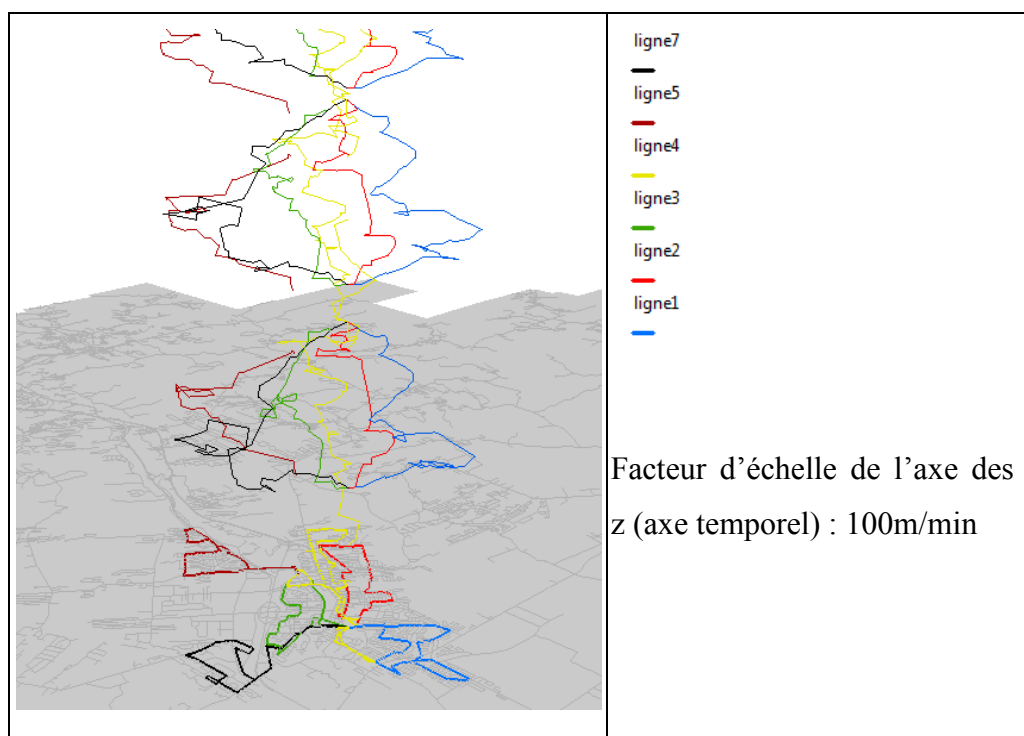


Figure 3-6 : Diagramme espace-temps des lignes 1, 2, 3, 4, 5 et 7. Données INFOMIT automne 2008. Zoom sur les deux premières séries de départs de la journée.

Le tableau 3.1 permet de récapituler les différents objets dont on dispose dans le cas du CITL afin de se donner des ordres de grandeur et mettre en perspective cette analyse.

Tableau 3.1 : Dénombrement des principales entités de la base de données INFOMIT

Entité	Nombre
Ligne	34
Ligne-direction	54
Ligne-Tracés	87
Départs	968
Arrêt – dénomination	1512
Poteaux d’arrêt (Arrêt-téléphone)	1489
Terminus (nœud)	26

La base de données INFOMIT permet dès lors de caractériser complètement le service offert. Notamment, on pourra remarquer que les objets répertoriés ci-dessus possèdent des propriétés et des réalités différentes. Ainsi la notion même de ligne renferme des situations très disparates dont la partie suivante fait le détail.

3.3 Disparité des propriétés des lignes

Comme le montre la définition de Vuchic, une ligne de transport en commun est un élément structurant du service. Cependant, ceci ne signifie pas que ces éléments de structure soient comparables en importance ou en rôle. Ainsi, une ligne peut opérer régulièrement ou uniquement en période de pointe, elle peut avoir une desserte régionale ou uniquement locale, elle peut exiger beaucoup de ressources ou très peu. Toutes ces différences impactent directement l’utilisation qui sera faite du service. Il est donc important pour un réseau aussi diversifié que celui de la lointaine banlieue de pouvoir tirer au clair ces différences afin de pouvoir hiérarchiser correctement l’offre de service dans son ossature même : les lignes de transport en commun.

3.3.1 Différences opérationnelles

Afin d’aborder les différences opérationnelles entre les lignes, le tableau 3.2 récapitule quelques indicateurs classiques. Les lignes sont classées par type de service et par nombre de départs.

Tableau 3.2 : Quelques indicateurs classiques de service pour les lignes du CITL. Données INFOMIT automne 2008.

Type	Ligne	Description	heure début	heure fin	amplitude	Nb Voyages	Véh-km productifs	Véh-h productifs	Vitesse commerciale (km/h)	Besoin en véhicules	longueur moyenne (km)
Régulier	9	Saint-Jérôme - Laval	05:00	01:53	20:53	99	3648.5	109.75	33.2	12	36.9
	8	Saint-Eustache - Laval	05:00	23:55	18:55	62	1181.1	32.88	35.9	3	19.1
	88	Saint-Eustache - Sainte-Thérèse	05:35	23:00	17:25	58	876.4	33.48	26.2	3	15.1
	80	Saint-Eustache - Pointe-Calumet	05:07	22:43	17:36	48	714.6	28.47	25.1	3	14.9
	11	Sainte-Thérèse - Laval	05:40	23:32	17:52	45	331.0	14.77	22.4	2	7.4
	22	Bois-des-Filion - Sainte-Thérèse	05:50	23:38	17:48	44	479.8	18.57	25.8	2	10.9
	23	Sainte-Anne-des-Plaines - Sainte-Thérèse	05:50	23:40	17:50	44	816.0	21.88	37.3	2	18.5
	27	Lorraine - Sainte-Thérèse	06:01	23:38	17:37	44	511.1	17.97	28.4	2	11.6
	89	Saint-Eustache - Secteur Dubois	05:55	22:35	16:40	37	448.1	21.32	21.0	2	12.1
	90	Saint-Eustache -Secteur Arthur-Sauvé et Industriel	05:55	22:35	16:40	37	438.1	21.32	20.6	2	11.8
	93	Saint-Eustache - Deux-Montagnes	05:55	22:35	16:40	35	417.6	20.10	20.8	2	11.9
	1	Saint-Antoine	05:30	21:23	15:53	26	305.4	14.30	21.4	1	11.7
	2	Lafontaine	05:30	21:23	15:53	26	281.3	14.30	19.7	1	10.8
	3	Saint-Jérôme	05:30	21:23	15:53	26	275.9	14.30	19.3	1	10.6
	4	Saint-Jérôme	05:18	21:54	16:36	26	523.6	29.20	17.9	2	20.1
	5	Bellefeuille nord	05:23	21:32	16:09	26	280.0	11.70	23.9	1	10.8
	7	Bellefeuille sud	05:30	21:23	15:53	26	370.2	14.30	25.9	1	14.2
	28	Terrebonne - Laval (métro Cartier)	07:40	21:10	13:30	26	390.8	12.28	31.8	2	15.0
	91	Saint-Eustache - Secteur est (Saint-Laurent)	05:50	22:33	16:43	25	323.5	14.23	22.7	1	12.9
	92	Saint-Eustache - Secteur centre	06:00	22:35	16:35	25	216.4	14.23	15.2	1	8.7
	21	Sainte-Thérèse - Secteur Fontainebleau	05:20	23:55	18:35	24	427.4	15.33	27.9	1	17.8
Pointe am-pm	52	Boisbriand secteur nord de la 640 - Sainte-Thérèse	05:55	21:43	15:48	15	183.3	7.40	24.8	1	12.2
	51	Boisbriand secteur sud de la 640 - Sainte-Thérèse	05:57	20:19	14:22	13	149.9	6.27	23.9	1	11.5
	61	Secteur Bas Sainte-Thérèse - Sainte-Thérèse	05:58	20:17	14:19	13	162.8	6.07	26.8	1	12.5
	62	Secteur des Mille-Îles - Sainte-Thérèse	05:58	20:17	14:19	13	144.2	6.15	23.4	1	11.1
	10	Blainville	05:07	20:24	15:17	11	136.6	4.58	29.8	1	12.4
	12	Lorraine - Rosemère	05:27	20:01	14:34	10	95.3	3.30	28.9	1	9.5
	15	Rosemère	05:29	20:00	14:31	10	55.3	3.05	18.1	1	5.5
	19	Bois-des-Filion - Rosemère	05:27	19:58	14:31	10	74.7	2.80	26.7	1	7.5
	20	Rosemère - secteur des Vignobles	05:31	19:58	14:27	10	56.9	2.67	21.3	1	5.7
	17	Terrebonne - Rosemère	06:07	20:01	13:54	9	57.7	2.97	19.5	1	6.4
Hors-pointe	24	Sainte-Anne-des-Plaines - Laval	05:42	19:11	13:29	7	219.7	7.32	30.0	2	31.4
	50	Boisbriand - Sainte-Thérèse	09:05	23:43	14:38	19	189.9	8.02	23.7	1	10.0
	60	Sainte-Thérèse	09:05	23:43	14:38	19	198.5	7.85	25.3	1	10.4

La plupart de ces indicateurs s'obtiennent presque immédiatement des données INFOMIT. Cependant le besoin en véhicules pour opérer la ligne nécessite un traitement particulier. Ce nombre de véhicule V se calcule itérativement comme une différence entre un nombre de départ D et un nombre d'arrivée A à chaque instant. L'équation suivante donne l'expression utilisée à l'instant $t+1$:

$$V(t + 1) = V(t) + D(t + 1) - A(t + 1)$$

La structure de la formule permet de développer facilement une visualisation interactive de la consommation de ressource par Excel afin d'explorer ligne par ligne le besoin en véhicule. La

figure 3-7 représente à quoi pourrait ressembler une telle visualisation avec l'exemple de la ligne 9, celle qui occasionne le plus de départs (99 départs).

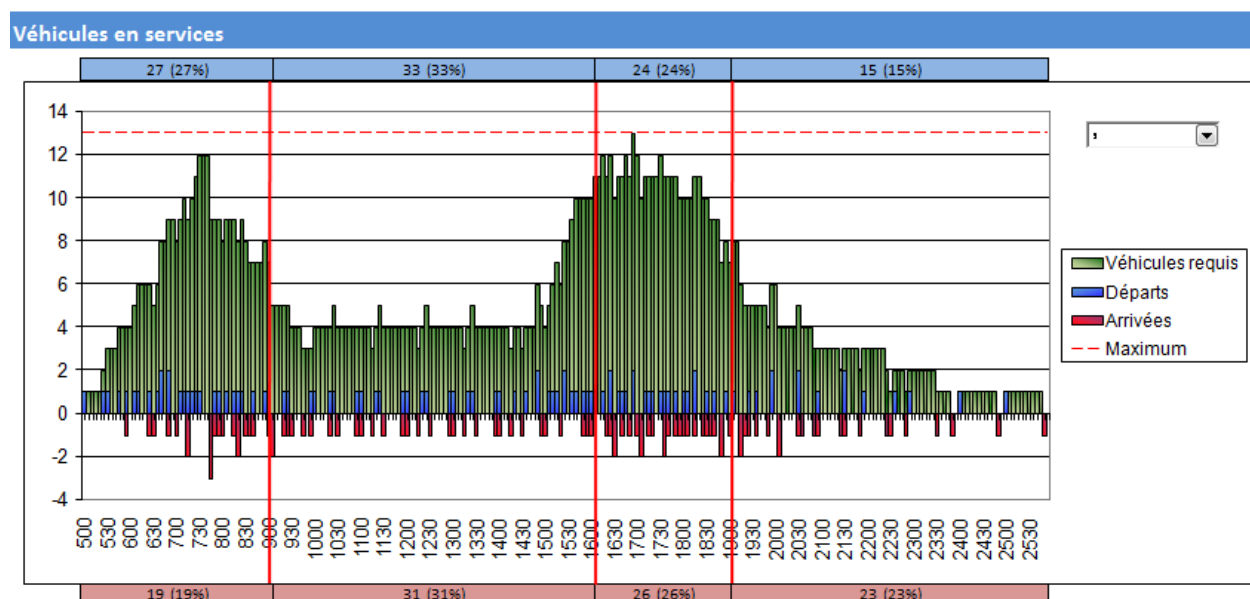


Figure 3-7 : Besoin en véhicule calculé par tranche de 5 min pour la ligne 9. Données INFOMIT automne 2008.

On trouve un maximum de 13 véhicules requis pour la ligne 9. Mais en réalité ce nombre, qui arrive pour un seul intervalle de 5min, ressort à cause de l'agrégation des données par tranche de 5min. En regardant les données il s'agit en réalité de deux départs consécutifs (0min d'intervalle), ce qui fait descendre le nombre de véhicules à 12. Ceci reste néanmoins largement supérieur à ce qui est nécessaire pour une quelconque autre ligne. Pour l'ensemble du réseau on se retrouve avec un maximum de 53 véhicules circulant simultanément.

La comparaison de ces quelques statistiques de service pour l'ensemble des lignes du CITL fait ressortir les points suivants :

- La ligne 9 se démarque des autres en offrant un niveau de service supérieur, donc en exigeant beaucoup plus de ressources. Elle représente à elle seule 10% des départs, 20% des véhicules-heures productifs et 25% des véhicules-km.
- Après la ligne 9, les trois lignes les plus importantes en terme de flotte et de départs sont les lignes 8, 88 et 80 nécessitant chacune 3 véhicules. Elles représentent 17% des départs.

Elles sont suivies par 7 lignes qui nécessitent 2 véhicules et qui offrent plus de 30 départs par jour et qui comptabilisent 30% des départs.

- Ensuite, les lignes régulières nécessitent un seul véhicule, si ce n'est la ligne 4 et la ligne 28. L'explication du besoin de 2 véhicules pour la ligne 4 est sa grande longueur qui impose au début de la journée que le deuxième départ soit fait avant que le premier soit arrivé. La ligne 28 a besoin de 2 véhicules à cause de 2 départs simultanés dans les deux directions en pointe du matin et en fin d'après-midi.
- Les lignes de pointe n'exigent pas plus de 1 véhicule, exception faite de la ligne 24 à nouveau du fait de la longueur importante du circuit. Ces lignes qui se rajoutent en période cruciale ne sont donc pas des lignes à forte intensité pour couvrir une affluence de pic comme on pourrait supposer. 13% des départs quotidiens se font sur ces lignes.
- Les lignes hors-pointe remplacent certaines lignes de pointe en leur absence et ne nécessitent qu'un seul véhicule pour être opérées.
- De manière générale les lignes les plus importantes en termes de nombre de départs ont aussi une vitesse commerciale plus élevée, ce qui confirme le niveau de service supérieur accordé à ces lignes

Cette étude de quelques indicateurs permet déjà d'esquisser certaines ressemblances et regroupement entre les lignes. Cependant pour affiner ces comparaisons, il peut être intéressant de se pencher sur quelques caractéristiques géopolitiques des lignes pour préciser le rôle qu'elles ont dans le système de transport en commun et sur le territoire qu'elles desservent.

3.3.2 Différences géopolitiques

Le réseau de transport en commun offert par le CITL se superpose à une organisation territoriale complexe ainsi qu'à des infrastructures de transport métropolitaines plus lourdes comme le train et le métro. La logique municipale est très présente en lointaine banlieue. Les municipalités ne sont pas liées par différents degrés de fusion comme à Montréal ou à Laval, malgré la volonté d'organiser ensemble un service. Au-delà de cette logique municipale, on avait remarqué des regroupements naturels qui correspondent en outre aux zones tarifaires : Nord, Centre, Ouest. Enfin l'importance du Centre-ville et de Laval dans la consommation de transport pour la population rend l'étude de cette desserte un axe de discrimination potentiel.

Le tableau 3.3 résume les différentes caractéristiques géopolitiques des lignes du CITL. Elles sont classées par type de service et par nombre de municipalités desservies. On rappelle le nombre de départs pour chaque ligne. Pour les champs « train », « Métro » et « Laval », le 1 marque que ces entités sont desservies et au contraire 0 marque l'absence de desserte. Pour le champ « Zones desservies », les quatre zones à desservir potentiellement sont : Nord, Ouest, Centre et Laval.

On peut ainsi dégager les points suivants :

- Seules 2 lignes sur 34 n'offrent pas d'accès à une ligne de train. Cependant cela ne signifie pas que toutes les lignes servent de rabattement sur le train, car les gares (Sainte-Thérèse, Saint-Jérôme et Deux-Montagnes) coïncident avec les principaux terminus de bus et se trouvent proches des centres urbains locaux.
- Au contraire 5 lignes seulement desservent directement Laval dont 4 donnent accès au métro de Montréal. Ceci peut donner un caractère particulier à ces lignes leur conférant potentiellement un rôle régional plus important.
- Pour les lignes régulières, les lignes qui desservent le plus de municipalités sont aussi celles qui offrent le plus de départs, à l'exception de la ligne 28. Il semblerait qu'une bonne intégration régionale aille de paire avec un niveau de service supérieur.
- La ligne 9 se démarque encore par le nombre important de municipalités et de zones traversées et le lien avec tous les types d'infrastructures métropolitaines.
- Parmi les lignes de pointe, la ligne 24 se singularise à nouveau en étant la seule à relier le métro et en étant celle qui dessert le plus de municipalités. Elle s'approche des caractéristiques d'une ligne interurbaine : peu de départs, essentiellement en pointe, crée un lien entre la banlieue et le Centre-ville, long tracé qui dessert un grand nombre de municipalités et intègre plusieurs zones tarifaires.

L'analyse des caractéristiques géopolitiques de chaque ligne permet d'apporter de nouveaux éléments de différenciation entre ces lignes. Ainsi même si ces objets sont égaux en nomenclature ou dans les bases de données, ils n'en sont pas moins potentiellement différents dans la réalité. L'intérêt est alors de pouvoir quantifier à quel point certaines lignes convergent pour former un ensemble cohérent et à quel point elles peuvent se distinguer d'autres ensembles. C'est le but des méthodes de partitionnement de données.

Tableau 3.3 : Caractérisation géopolitique des lignes de transport en commun du CITL.

Type de service	Ligne	Description	Nb de municipalités desservies	Dessert une Gare de Train	Dessert une Station de Métro	Dessert le territoire de Laval	Zones desservies	Nb voyages
Régulier	9	Saint-Jérôme - Laval	5	1	1	1	3	99
	80	Saint-Eustache - Pointe-Calumet	5	1	0	0	1	48
	11	Sainte-Thérèse - Laval	4	1	0	1	2	45
	22	Bois-des-Filion - Sainte-Thérèse	4	1	0	0	1	44
	23	Sainte-Anne-des-Plaines - Sainte-Thérèse	4	1	0	0	1	44
	27	Lorraine - Sainte-Thérèse	4	1	0	0	1	44
	28	Terrebonne - Laval (métro Cartier)	4	0	1	1	2	26
	88	Saint-Eustache - Sainte-Thérèse	4	1	0	0	2	58
	8	Saint-Eustache - Laval	3	0	1	1	2	62
	93	Saint-Eustache - Deux-Montagnes	3	1	0	0	1	35
	21	Sainte-Thérèse - Secteur Fontainebleau	2	1	0	0	1	24
	89	Saint-Eustache - Secteur Dubois	2	1	0	0	1	37
	90	Saint-Eustache - Secteur Arthur-Sauvé et Industriel	2	1	0	0	1	37
	92	Saint-Eustache - Secteur centre	2	1	0	0	1	25
	1	Saint-Antoine	1	1	0	0	1	26
	2	Lafontaine	1	1	0	0	1	26
	3	Saint-Jérôme	1	1	0	0	1	26
	4	Saint-Jérôme	1	1	0	0	1	26
	5	Bellefeuille nord	1	0	0	0	1	26
	7	Bellefeuille sud	1	1	0	0	1	26
	91	Saint-Eustache - Secteur est (Saint-Laurent)	1	0	0	0	1	25
Pointe am-pm	24	Sainte-Anne-des-Plaines - Laval	5	0	1	1	2	7
	17	Terrebonne - Rosemère	4	1	0	0	1	9
	19	Bois-des-Filion - Rosemère	4	1	0	0	1	10
	12	Lorraine - Rosemère	3	1	0	0	1	10
	51	Boisbriand secteur sud de la 640 - Sainte-Thérèse	3	1	0	0	1	13
	52	Boisbriand secteur nord de la 640 - Sainte-Thérèse	3	1	0	0	1	15
	61	Secteur Bas Sainte-Thérèse - Sainte-Thérèse	2	1	0	0	1	13
	10	Blainville	1	1	0	0	1	11
	15	Rosemère	1	1	0	0	1	10
	20	Rosemère - secteur des Vignobles	1	1	0	0	1	10
	62	Secteur des Mille-Îles - Sainte-Thérèse	1	1	0	0	1	13
Hors-pointe	50	Boisbriand - Sainte-Thérèse	3	1	0	0	1	19
	60	Sainte-Thérèse	1	1	0	0	1	19

3.4 Hiérarchisation de l'offre

L'objectif de cette partie est de créer des regroupements de lignes de caractéristiques similaires afin de hiérarchiser l'offre. Pour cela des méthodes de partitionnement de données seront

appliquées à l'aide du logiciel gratuit Tanagra et ensuite les groupements obtenus seront caractérisés afin de confirmer leur pertinence et d'obtenir une nomenclature ordonnée des lignes de transport en commun.

3.4.1 Partitionnement de données avec Tanagra

Face à l'augmentation de la taille des bases de données et de leur diversité, il a été nécessaire de développer des méthodes d'apprentissage automatique afin de tirer des connaissances sur un grand ensemble de données en ayant, au préalable, caractérisé et hiérarchisé un plus faible ensemble de données. Dans notre cas, ne connaissant pas l'étiquetage de la classification à développer, les techniques d'apprentissage non supervisé seront particulièrement intéressantes.

Pour cela le logiciel gratuit de datamining TANAGRA sera utilisé (Rakotomalala, 2005). Il a déjà été utilisé dans le domaine du transport avec notamment des données de carte à puce (Morency, et al., 2006; Trépanier, et al., 2009). Dans ce logiciel, la « distance » entre les enregistrements est calculée par une distance euclidienne. Si on peut normaliser les champs continus par leur variance, la notion de distance s'adapte difficilement aux variables catégorielles et binaires d'après le manuel d'aide du logiciel TANAGRA, (Rakotomalala, 2005). Il est donc prudent d'éviter de prendre en compte ce type de variables. On les exclura donc du traitement. Cependant, comme des lignes qui opèrent sur l'ensemble de la journée ou seulement pour certaines périodes ne sont pas comparables, on sépare au préalable notre ensemble de lignes en service RÉGULIER pour les lignes offrant un service de type régulier et en service SPÉCIAL pour les lignes de pointe et de hors-pointe. On a donc 21 lignes régulières et 13 lignes spéciales.

Les champs utilisés pour le calcul des clusters sont :

- La flotte requise par ligne
- Le nombre de départs sur la ligne
- Le nombre de municipalités desservies
- La vitesse commerciale moyenne

On utilise tout d'abord la méthode ascendante hiérarchique (HAC) car elle permet de distinguer automatiquement le nombre de clusters (ici, on ne le connaît pas a priori) et produit un dendrogramme qui facilite l'exploration des données. Les grandeurs utilisées ont été normalisées

par leur variance afin de tout ramener sur des bases comparables. On confirme ensuite la composition des clusters par la méthode des K-moyennes (Kmeans) du logiciel. On connaît le nombre de clusters grâce à la méthode HAC. Les deux méthodes donnent les mêmes compositions de clusters.

On obtient les résultats suivants :

- On obtient 3 clusters pour le service Régulier et 2 pour le service Spécial. Les tableaux 3.4 et 3.5 donnent les effectifs de chaque sous-ensemble et la description du centroïde du cluster. Il faut cependant faire attention pour la vitesse commerciale du centroïde puisque le logiciel effectue ici une moyenne non pondérée des vitesses commerciales de chaque ligne, ce qui n'a pas de sens réel. Cependant les poids des lignes au sein d'un même groupe étant presque équivalents, cette valeur s'approche de la valeur réelle.
- Le tableau 3.6 récapitule les compositions des différents clusters et leurs attributs.

Tableau 3.4 : Clusters et leurs centroïdes pour les lignes de service RÉGULIER.

Cluster	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3
taille	1	8	12
Attributs du centroïde			
Flotte	12	2.4	1.3
Nb de voyages	99	46.4	28.3
Nb de municipalités	5	4	1.5
Moyenne des Vitesses commerciales (km/h)	33.2	29.1	21.4

Tableau 3.5 : Clusters et leurs centroïdes pour les lignes de service SPÉCIAL.

Cluster	Groupe 4	Groupe 5
Taille	1	12
Attributs du centroïde		
Flotte	2	1
Nb de voyages	7	12.7
Nb de municipalités	5	2.3
Moyenne des Vitesses commerciales (km/h)	30	24.4

Le découpage en clusters rejoint les conjectures précédemment émises et corrobore les rapprochements naturels que l'étude des disparités avait esquissés. En outre il est intéressant de voir que les lignes très particulières 9 et 24 ont bien été isolées par le programme. Cependant on disposait ici de peu de données et les regroupements auraient presque pu être faits à la main. Il serait intéressant de pouvoir intégrer les données de service d'autres lignes de bus de banlieue afin de voir si des telles conclusions se généralisent avant de les comparer à un service d'autobus urbains.

Tableau 3.6 : Composition des différents clusters.

Type de service	Cluster	Ligne	Nb de voyages	Besoin en véhicules	Vitesse Commerciale (km/h)	Nombre de municipalités desservies	Dessert une Gare de Train	Dessert une Station de Métro	Dessert le territoire de Laval
Régulier	Groupe 1	9	99	12	33.2	5	OUI	OUI	OUI
	Groupe 2	8	62	3	35.9	3	NON	OUI	OUI
		88	58	3	26.2	4	OUI	NON	NON
		80	48	3	25.1	5	OUI	NON	NON
		11	45	2	22.4	4	OUI	NON	OUI
		22	44	2	25.8	4	OUI	NON	NON
		23	44	2	37.3	4	OUI	NON	NON
		27	44	2	28.4	4	OUI	NON	NON
		28	26	2	31.8	4	NON	OUI	OUI
	Groupe 3	89	37	2	21.0	2	OUI	NON	NON
		90	37	2	20.6	2	OUI	NON	NON
		93	35	2	20.8	3	OUI	NON	NON
		1	26	1	21.4	1	OUI	NON	NON
		2	26	1	19.7	1	OUI	NON	NON
		3	26	1	19.3	1	OUI	NON	NON
		4	26	2	17.9	1	OUI	NON	NON
		5	26	1	23.9	1	NON	NON	NON
		7	26	1	25.9	1	OUI	NON	NON
		91	25	1	22.7	1	NON	NON	NON
		92	25	1	15.2	2	OUI	NON	NON
		21	24	1	27.9	2	OUI	NON	NON
Spécial	Groupe 4	24	7	2	30.0	5	NON	OUI	OUI
	Groupe 5	50	19	1	23.7	3	OUI	NON	NON
		60	19	1	25.3	1	OUI	NON	NON
		52	15	1	24.8	3	OUI	NON	NON
		51	13	1	23.9	3	OUI	NON	NON
		61	13	1	26.8	2	OUI	NON	NON
		62	13	1	23.4	1	OUI	NON	NON
		10	11	1	29.8	1	OUI	NON	NON
		12	10	1	28.9	3	OUI	NON	NON
		15	10	1	18.1	1	OUI	NON	NON
		19	10	1	26.7	4	OUI	NON	NON
		20	10	1	21.3	1	OUI	NON	NON
		17	9	1	19.5	4	OUI	NON	NON

3.4.2 Caractérisation des groupes de lignes obtenus

Le tableau 3.6 donne déjà des premiers éléments de comparaison. Cette section permet de les approfondir en faisant intervenir d'autres indicateurs de service et en donnant un axe spatial à cette hiérarchisation. Déjà grâce au tableau 3.6 on peut dégager les caractéristiques suivantes :

- Le groupe 1 constitué uniquement de la ligne 9 constitue l'élément le plus crucial du système de transport en commun étudié : cette ligne possède 1,5 fois plus de départs que la deuxième ligne la plus desservie, couvre 5 municipalités, possède l'une des plus fortes vitesses commerciales, donne accès à toutes les facilités métropolitaines et réquisitionne le plus de capital en véhicule. On peut parler d'AXE PRINCIPAL du réseau.
- Le groupe 2 montre aussi une bonne intégration régionale (nombre de municipalités desservies au moins de 3 et accès à des infrastructures métropolitaines). Il est desservi par un nombre relativement important de départs et par une vitesse commerciale globalement supérieure aux lignes du groupe 3. La ligne qui semble légèrement différente des autres est la ligne 28 avec un nombre plus faible de départs. Cependant ce sont les autres indicateurs (vitesse et intégration régionale) qui peuvent justifier sa présence dans le groupe 2. On peut alors parler dans ce cas de RÉSEAU RÉGIONAL.
- Le groupe 3 est composé de lignes offrant moins de départ, nécessitant une flotte moindre. La vitesse commerciale plus faible suggère des arrêts fréquents ou un environnement de parcours plus construits. Ces lignes desservent un nombre plus faible de municipalités en général et ne sortent pas du territoire du CITL. On peut parler de RÉSEAU LOCAL.
- Le groupe 4 souligne la singularité de la ligne 24. Sa situation déjà abordée antérieurement permet de caractériser ce type de ligne comme étant à CARACTÈRE INTERURBAIN.
- Le groupe 5 qui regroupe la quasi-totalité des lignes à service spécial se rapproche très fortement en termes de propriété des lignes du groupe 3. On peut parler dans ce cas de RÉSEAU LOCAL SPÉCIAL.

Les figures 3-8 et 3-9 représentent spatialement ces différents niveaux d'offre en pointe et hors-pointe.

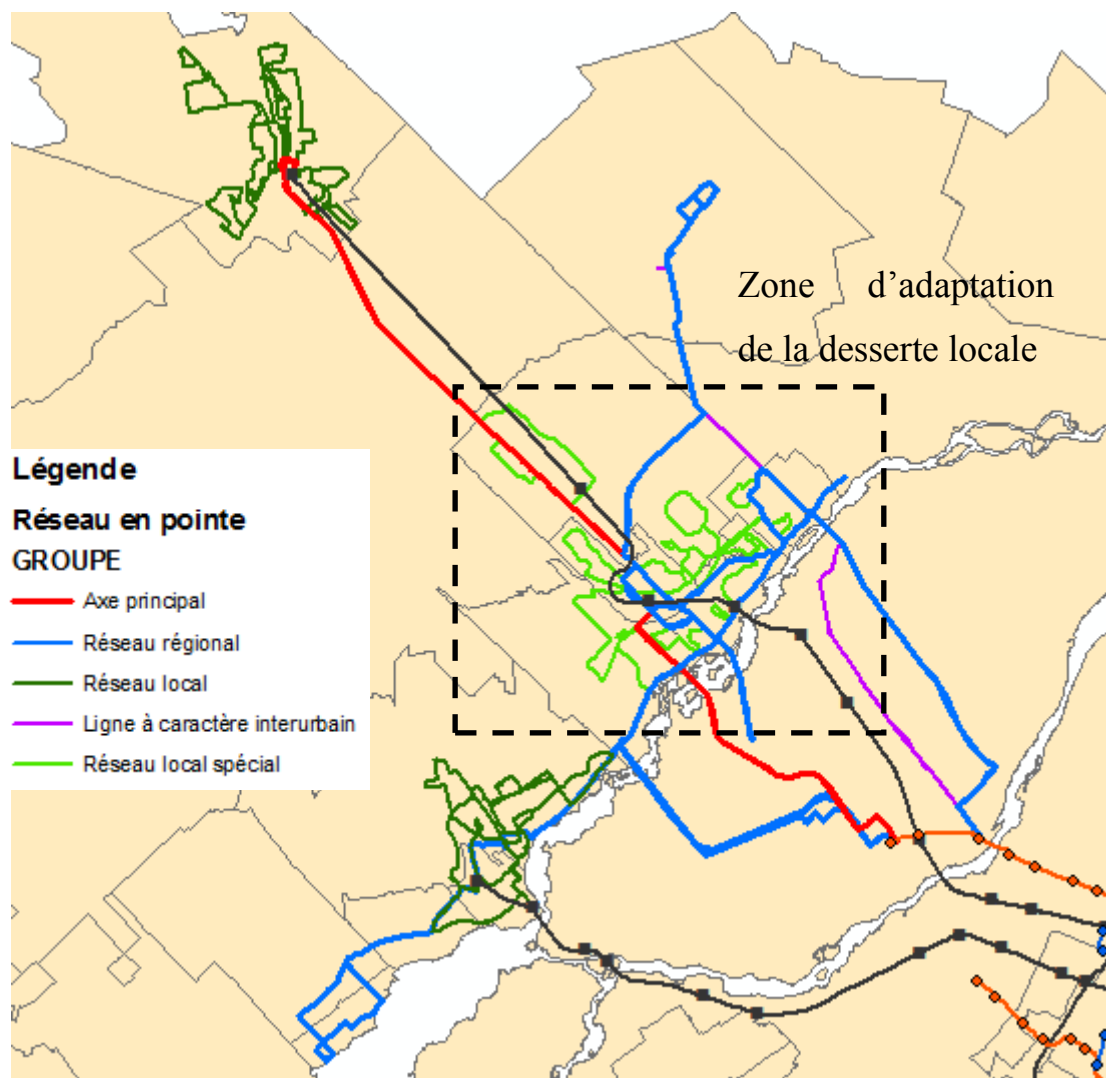


Figure 3-8 : Réseau du CITL et regroupements hiérarchiques présents en période de pointe.

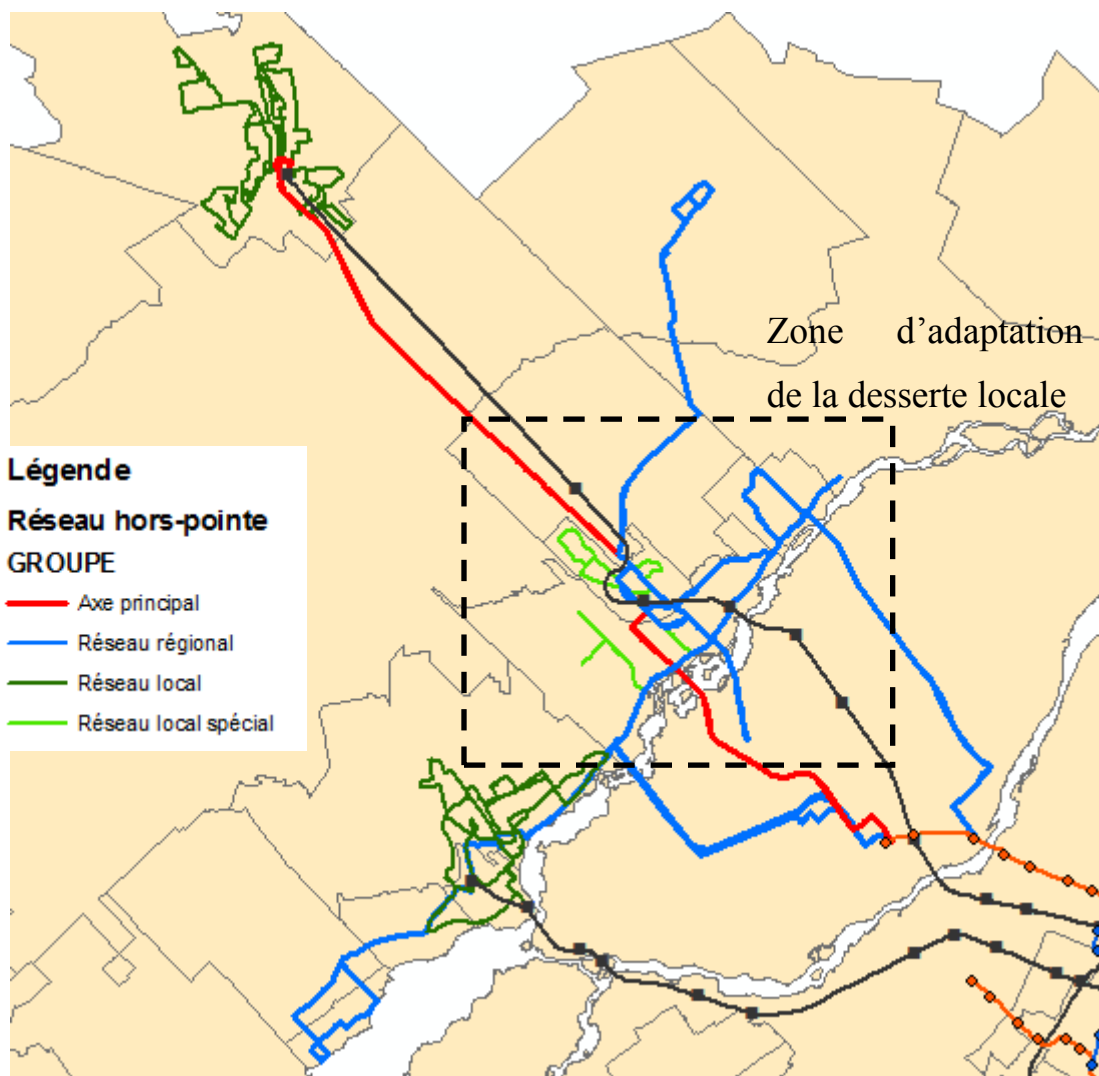


Figure 3-9 : Réseau du CITL et regroupements hiérarchiques présents hors-pointe.

La spatialisation de l'offre fait ressortir les éléments suivants :

- Le réseau régional (avec l'axe principal) permet de relier les 14 municipalités ensemble tout en créant un lien avec Laval et le Centre-ville. Ce réseau suit les axes des autoroutes 15 et 640.
- Le réseau local dessert la zone Nord et Ouest. Ces deux zones possèdent un marché de déplacement interne important (chapitre 2).
- La zone Centre, bien desservie par un réseau local spécial en pointe, voit son réseau de desserte locale se réduire considérablement hors-pointe à l'exception des municipalités de

Sainte-Thérèse et de Boisbriand qui restent desservies. Cependant cette partie jouit d'une plus forte densité du réseau régional.

Cette étude des regroupements de lignes selon des caractéristiques de services et de parcours permet de mieux cerner l'organisation de l'offre de transport en commun dans le cas du CITL. L'offre est organisée autour d'une ossature régionale qui reprend très probablement la structure d'offre interurbaine qui avait lieu avant le développement d'un service de transport en commun. Autour de cette structure principale, s'organise dans les deux zones qui correspondent le mieux à des villes indépendantes – Saint-Jérôme et l'ensemble Deux-Montagnes/Saint-Eustache – une desserte locale régulière. Ailleurs cette desserte locale a lieu quasi exclusivement en pointe afin d'alimenter le réseau principal, les quelques générateurs de la zone Centre ou les infrastructures métropolitaines lourdes.

Maintenant que cette organisation a été soulevée grâce au logiciel TANAGRA, les regroupements constituent un angle intéressant pour étudier les ressources impliquées dans la mise en œuvre de l'offre de transport. Pour pousser l'analyse de l'offre de service plus loin que les quelques indicateurs utilisés, on emploiera aussi un exemple archétypique pour chaque groupe. Celui-ci est choisi comme la ligne de chaque groupe la plus proche des caractéristiques du centroïde. Ainsi le groupe 2 aura pour exemple la ligne 27, le groupe 3 la ligne 1 et le groupe 5 la ligne 51.

3.5 Analyse des ressources impliquées et du profil spatio-temporel de l'offre

3.5.1 Analyse des ressources consommées par le service tel qu'établi

Dans cette partie sera entreprise l'analyse de certains indicateurs classiques pour caractériser l'offre de service. Des distinctions seront portées selon la période de la journée (Pointe, Hors-pointe) et selon le groupement. Comme la définition de la direction Aller et Retour peut différer d'une ligne à l'autre au sein d'un même groupe, on redéfinit cette notion selon le schéma 3-10 pour les analyses suivantes. Pour les abréviations se reporter à la section éponyme en début de mémoire. La notion d'Aller correspond alors à la concentration sur Sainte-Thérèse, qui est un terminus important de bus, et Laval. Le Retour correspond lui à la diffusion depuis Sainte-

Thérèse et Laval. Un facteur important pour décrire le niveau de service est l'analyse des intervalles et des fréquences de service. Il sera abordé plus loin sur des exemples typiques de chaque groupe, car on ne peut pas parler d'intervalle pour un ensemble de lignes.

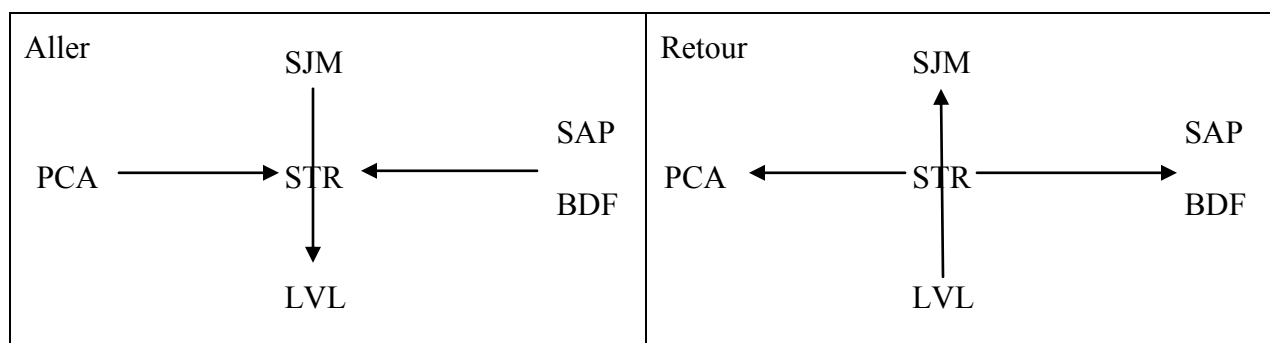


Figure 3-10 : Définition de la direction Aller et Retour. Trigrammes d'abréviations municipales.

Les indicateurs calculés à partir des données INFOMIT sont résumés dans le tableau 3.7. Il est tout du moins nécessaire de rappeler la méthode de calcul pour un certain nombre d'entre eux :

- Le nombre de véhicules-km et le nombre de véhicules-heures productifs sont une application directe de leur définition. Ils correspondent respectivement à la totalité des km parcourus par l'ensemble des véhicules en service et la totalité des heures pendant lesquelles l'ensemble des véhicules ont été en service. Plus pratiquement on les calcule respectivement comme la somme des longueurs de tous les voyages et comme la somme de toutes leurs durées. Dans l'estimation des dépenses d'exploitation, on considère en général les coûts d'utilisation en matériel liés aux véhicules-km et le coût du personnel proportionnel aux véhicules-heures.
- La capacité correspond, comme décrit en début de chapitre, à la capacité moyenne de la ligne d'après un horaire planifié. Elle est exprimée en places offertes par heure. Comme c'est une moyenne par période pour tout un groupe elle est calculée comme le produit du nombre de départ de ce groupe et d'une capacité nominale d'un véhicule (65 places) que divise la durée de la période (7 heures de pointe et 12 heures hors-pointe).
- L'intervalle spatial moyen inter arrêts est le quotient du nombre de véhicules-km et le nombre de véhicules-arrêts. De même l'intervalle temporel moyen inter arrêts est le

quotient du nombre de véhicules-heures et du nombre de véhicules-arrêts. Ceci permet d'avoir la distance moyenne entre deux arrêts ainsi que la durée moyenne entre le passage devant deux-arrêts selon l'horaire planifié. La donnée de ces indicateurs donne un ordre de grandeur de la densité de la desserte accomplie par chaque groupement de ligne.

Tableau 3.7 : Résumé de quelques indicateurs par groupement de lignes et par période pour le réseau du CITL. Données INFOMIT 2008.

Groupe	Indicateur	Pointe		Hors-Pointe		TOTAL	
		Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
1	Nombre de départs	51	11%	48	10%	99	10%
	Véhicules-km productifs	1877.6	26%	1770.9	23%	3648.5	24%
	Véhicules-heures productifs	59.4	22%	50.3	17%	109.8	19%
	Capacité (places/h)	473.6	11%	260.0	10%	338.7	10%
	Nombre de véhicules-arrêts	2883	14%	2758	13%	5641	14%
	intervalle spatiale moyen inter arrêts (m)	650		640		650	
	Intervalle temporel moyen inter arrêts (min)	1.2		1.1		1.2	
	Vitesse commerciale moyenne (km/h)	31.6		35.2		33.2	
	Nombre de poteaux (infrastructures)					113	8%
2	Nombre de départs	164	35%	207	41%	371	38%
	Véhicules-km productifs	2348.2	33%	2952.5	38%	5300.7	35%
	Véhicules-heures productifs	81.6	30%	98.7	34%	180.3	32%
	Capacité (places/h)	1522.9	36%	1121.3	42%	1269.2	38%
	Nombre de véhicules-arrêts	7585	37%	4938	24%	12523	30%
	intervalle spatiale moyen inter arrêts (m)	310		600		420	
	Intervalle temporel moyen inter arrêts (min)	0.6		1.2		0.9	
	Vitesse commerciale moyenne (km/h)	28.8		29.9		29.4	
	Nombre de poteaux (infrastructures)					461	31%
3	Nombre de départs	148	32%	191	38%	339	35%
	Véhicules-km productifs	1832.5	26%	2475.0	32%	4307.5	29%
	Véhicules-heures productifs	86.6	32%	118.0	40%	204.6	36%
	Capacité (places/h)	1374.3	32%	1034.6	39%	1159.7	35%
	Nombre de véhicules-arrêts	6852	33%	10816	52%	17668	43%
	intervalle spatiale moyen inter arrêts (m)	270		230		240	
	Intervalle temporel moyen inter arrêts (min)	0.8		0.7		0.7	
	Vitesse commerciale moyenne (km/h)	21.2		21.0		21.0	
	Nombre de poteaux (infrastructures)					731	49%
4	Nombre de départs	7	2%	0	0%	7	1%
	Véhicules-km productifs	219.7	3%	0	0%	219.7	1%
	Véhicules-heures productifs	7.3	3%	0	0%	7.3	1%
	Capacité (places/h)	65.0	2%	0	0%	23.9	1%
	Nombre de véhicules-arrêts	255	1%	0	0%	255	1%
	intervalle spatiale moyen inter arrêts (m)	860		0		860	
	Intervalle temporel moyen inter arrêts (min)	1.7		0		1.7	
	Vitesse commerciale moyenne (km/h)	30.0		0		30.0	
	Nombre de poteaux (infrastructures)					62	4%
5	Nombre de départs	93	20%	59	12%	152	16%
	Véhicules-km productifs	891.0	12%	614.1	8%	1505.0	10%
	Véhicules-heures productifs	36.3	13%	24.8	8%	61.1	11%
	Capacité (places/h)	836.6	20%	270.8	10%	520.0	16%
	Nombre de véhicules-arrêts	3119	15%	2153	10%	5272	13%
	intervalle spatiale moyen inter arrêts (m)	290		290		290	
	Intervalle temporel moyen inter arrêts (min)	0.7		0.7		0.7	
	Vitesse commerciale moyenne (km/h)	24.5		24.8		24.6	
	Nombre de poteaux (infrastructures)					449	30%
TOTAL	Nombre de départs	463	100%	505	100%	968	100%
	Véhicules-km productifs	7169.0	100%	7812.5	100%	14981.4	100%
	Véhicules-heures productifs	271.2	100%	291.8	100%	563.1	100%
	Capacité (places/h)	4272.4	100%	2686.7	100%	3311.5	100%
	Nombre de véhicules-arrêts	20694	100%	20665	100%	41359	100%
	intervalle spatiale moyen inter arrêts (m)	350		380		360	
	Intervalle temporel moyen inter arrêts (min)	0.8		0.8		0.8	
	Vitesse commerciale moyenne (km/h)	26.4		26.8		26.6	
	Nombre de poteaux (infrastructures)					1488	100%

On remarquera que si l'on fait la somme des pourcentages d'utilisation des infrastructures (poteau d'arrêts), cette somme dépasse les 100%. En effet un poteau peut servir à plus d'une ligne, donc à plus d'un groupement. Cependant cet indicateur permet d'analyser l'empreinte d'un groupement sur le capital « bâti » mis en place pour établir le service de transport en commun.

L'analyse de ce tableau permet de comparer les différents groupements :

- Le groupement 1 – la ligne 9 – représente 10% des départs mais 24% des véhicules-km, donc 24% environ des dépenses liées au fonctionnement des véhicules. Cependant la ligne n'utilise que 8% des infrastructures, ceci étant du à la faible densité moyenne de sa desserte (arrêts plus espacés et moins fréquents). Ce groupement est aussi le plus rapide en moyenne, ce qui s'explique par le tronçon de ligne qui emprunte l'autoroute. La vitesse étant plus faible en pointe qu'en hors-pointe alors que la densité des arrêts reste inchangée montre un rallongement des temps de parcours en pointe.
- Le groupement 2 représente plus de 40% du nombre de départs hors-pointe et 35% en pointe. Avec le groupement 1, l'offre régionale représente 50% des départs environ. D'autre part, la distance moyenne inter-arrêts augmente sensiblement hors-pointe pour le groupement 2, alors que l'offre locale diminue considérablement dans la zone Centre (groupement 5). Ainsi en période hors-pointe la desserte semble de moins bonne qualité dans la zone Centre.
- Le groupement 3 fait ressortir son caractère local, comme le groupement 5, par sa forte densité. Ceci se traduit par l'utilisation de presque 50% des infrastructures par ce groupement local. C'est aussi celui qui possède la plus faible vitesse commerciale moyenne.

Il sera ensuite intéressant au chapitre 6 de mettre en parallèle les ressources consommées par chaque groupement et l'utilisation qui en est fait par la demande.

3.5.2 Étude de profils spatio-temporels typiques pour les différents groupements d'offre

Les systèmes de transport voient leur existence dans au moins deux types d'espaces. Le premier est l'espace géographique classique qu'on représente à deux ou trois dimensions. Mais ces

ensembles se définissent aussi dans « l'espace-temps » qui possède une dimension de plus que l'espace géographique physique. Ce transfert est dû à l'existence de temps de parcours induits par le réseau de transport. Cependant, les représentations en trois dimensions sont généralement difficilement lisibles. Il est alors intéressant d'exploiter la fixité de la géométrie d'une ligne pour transformer le couple de coordonnées (x-y) de l'espace physique en une coordonnée unique qui est l'abscisse curviligne le long du parcours de la ligne de bus. Le diagramme espace-temps classiquement utilisé représente donc la distance algébrique parcourue depuis le terminus de départ d'une ligne. Dans l'autre direction, la distance cumulée étant toujours calculée à partir du même terminus, celle va « décroître ».

Les figures 3-11, 3-12, 3-13, 3-14 et 3-15 représentent le diagramme espace-temps de l'exemple choisi précédemment pour chaque groupement. Les notions d'aller et de retour correspondent à celles détaillées à la figure 3-10. On remarquera des variations dans la position des terminus de départ ou d'arrivée du fait de la non absolue fixité de la géométrie des lignes (existence de parcours).

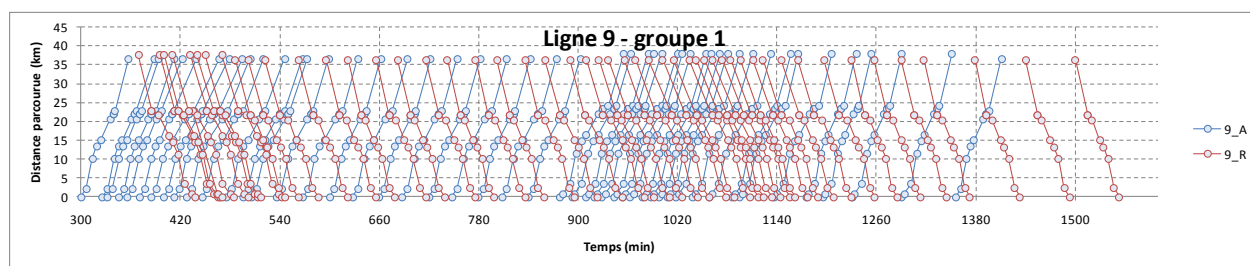


Figure 3-11 : Diagramme espace-temps de la ligne 9 (groupement 1).

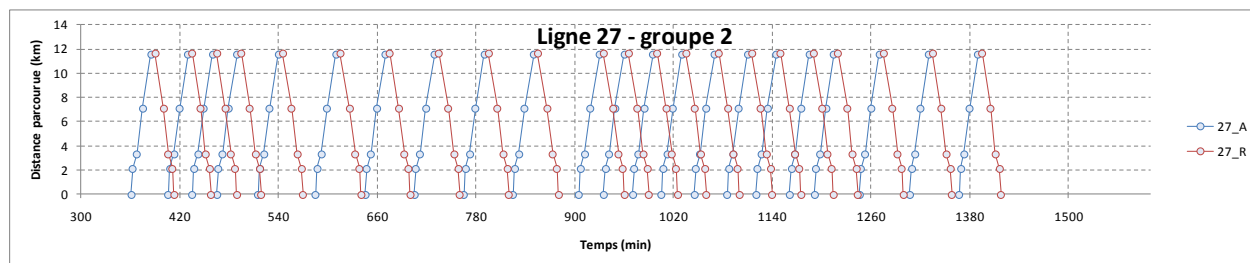


Figure 3-12 : Diagramme espace-temps de la ligne 27 (groupement 2).

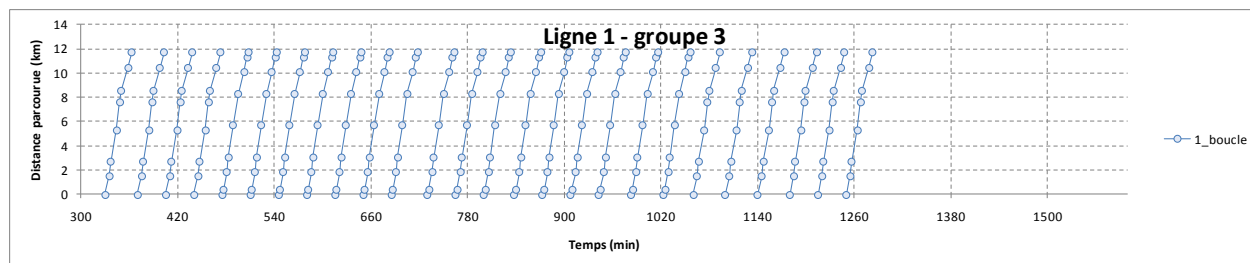


Figure 3-13 : Diagramme espace-temps de la ligne 1 (groupement 3).

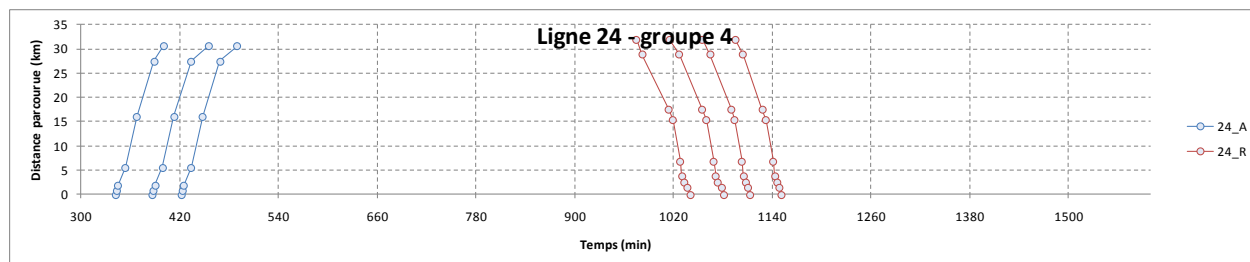


Figure 3-14 : Diagramme espace-temps de la ligne 24 (groupement 4).

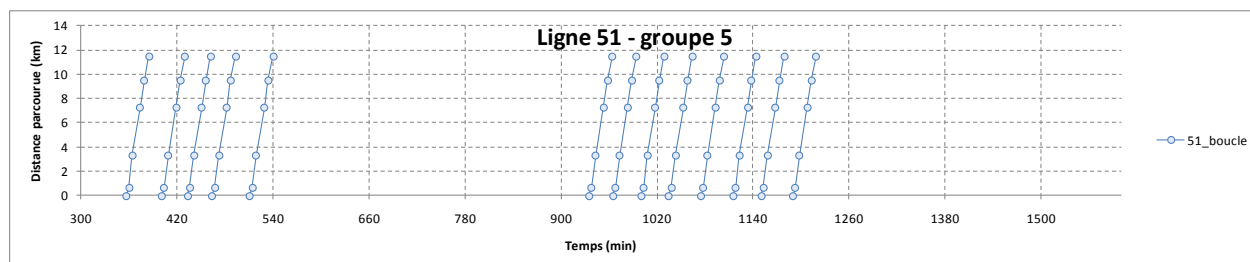


Figure 3-15 : Diagramme espace-temps de la ligne 51 (groupement 5).

On peut apercevoir assez clairement sur ces figures l'organisation du service pour les véhicules qui empruntent les lignes de chaque groupement :

- L'intervalle de service pour la ligne 9 est relativement constant en journée, mais est considérablement réduit en pointe. Le fait d'avoir une variation constante de l'intervalle en période de pointe montre que sur ce type de ligne, celui-ci a probablement été calculé en fonction de la demande. Cette réduction de l'intervalle se retrouve aussi sur les lignes du groupe 2 mais dans une moindre mesure. On ne peut déterminer pour ce groupe si cette augmentation suit une règle du pouce ou a réellement été calculée à partir d'une donnée de demande.
- Pour les groupes 3 et 5, dont les exemples sont ici des boucles (9 lignes sur 12 du groupe 3 sont des boucles et 5 sur 12 du groupe 5), il s'agit d'un unique véhicule desservant la

ligne « en boucle ». Ceci se retrouve aussi dans les lignes bidirectionnelles. Il n'y a pas d'adaptation de l'offre à la demande et le niveau de service reste le même en pointe ou hors-pointe, l'intervalle étant peu ou prou la durée pour effectuer le parcours.

- La ligne 24 a la particularité d'être dans une direction le matin et dans l'autre le soir comme certaines lignes de train de banlieue. La direction opposée est parcourue par des autobus à vide. Ce diagramme rappelle une fois de plus l'héritage des lignes interurbaines sur un tel réseau de lointaine banlieue.

Une autre façon classique de représenter l'évolution de la consommation en temps des différents départs de chaque ligne est de tracer le tableau de temps de marche, c'est-à-dire de représenter le temps de parcours pour chaque départ. À nouveau, l'intérêt de cette représentation vient de la fixité (à quelques variantes près) de la géométrie d'une ligne qui contient dès lors à elle seule toute la dimension spatiale. Les quatre figures suivantes représentent pour les lignes exemples (on a exclu la ligne 24) les temps de parcours pour chaque tronçon et pour chaque voyage. La notation des tronçons correspond aux codes lieux de leurs extrémités. Se rajoute pour chaque départ l'intervalle avec le départ suivant, ainsi que l'heure du départ.

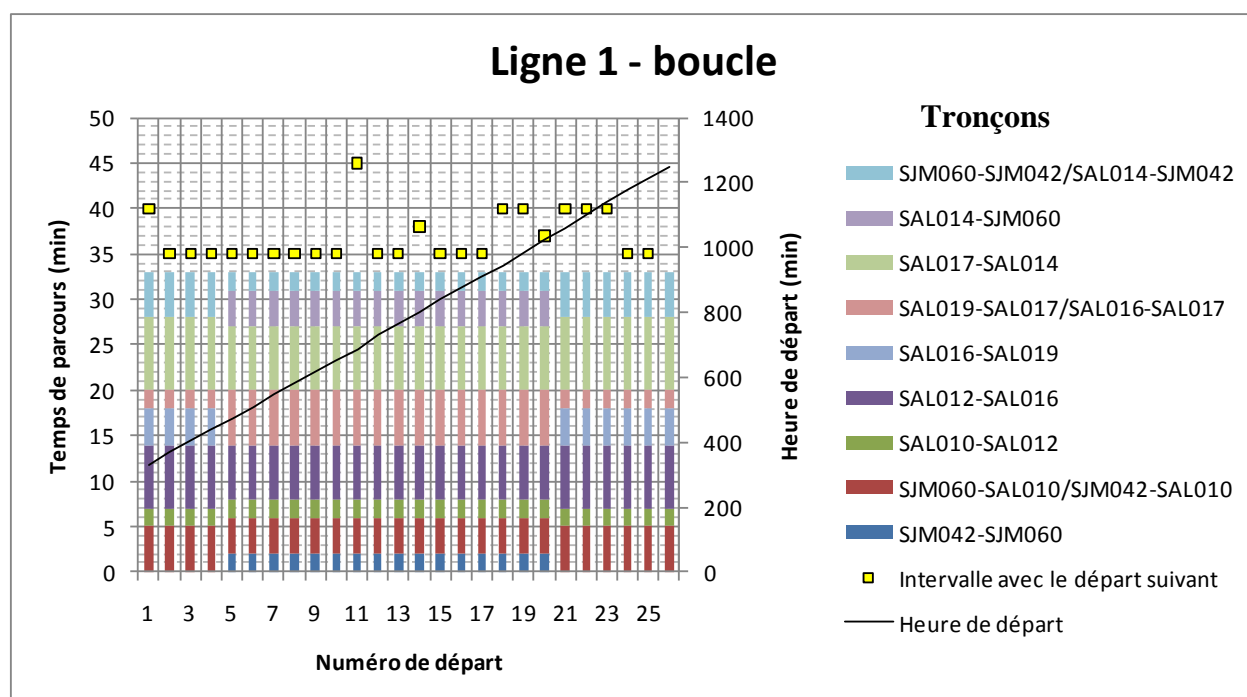


Figure 3-16 : Tableau de temps de marche de la ligne 1 (groupement 3). Données INFOMIT automne 2008

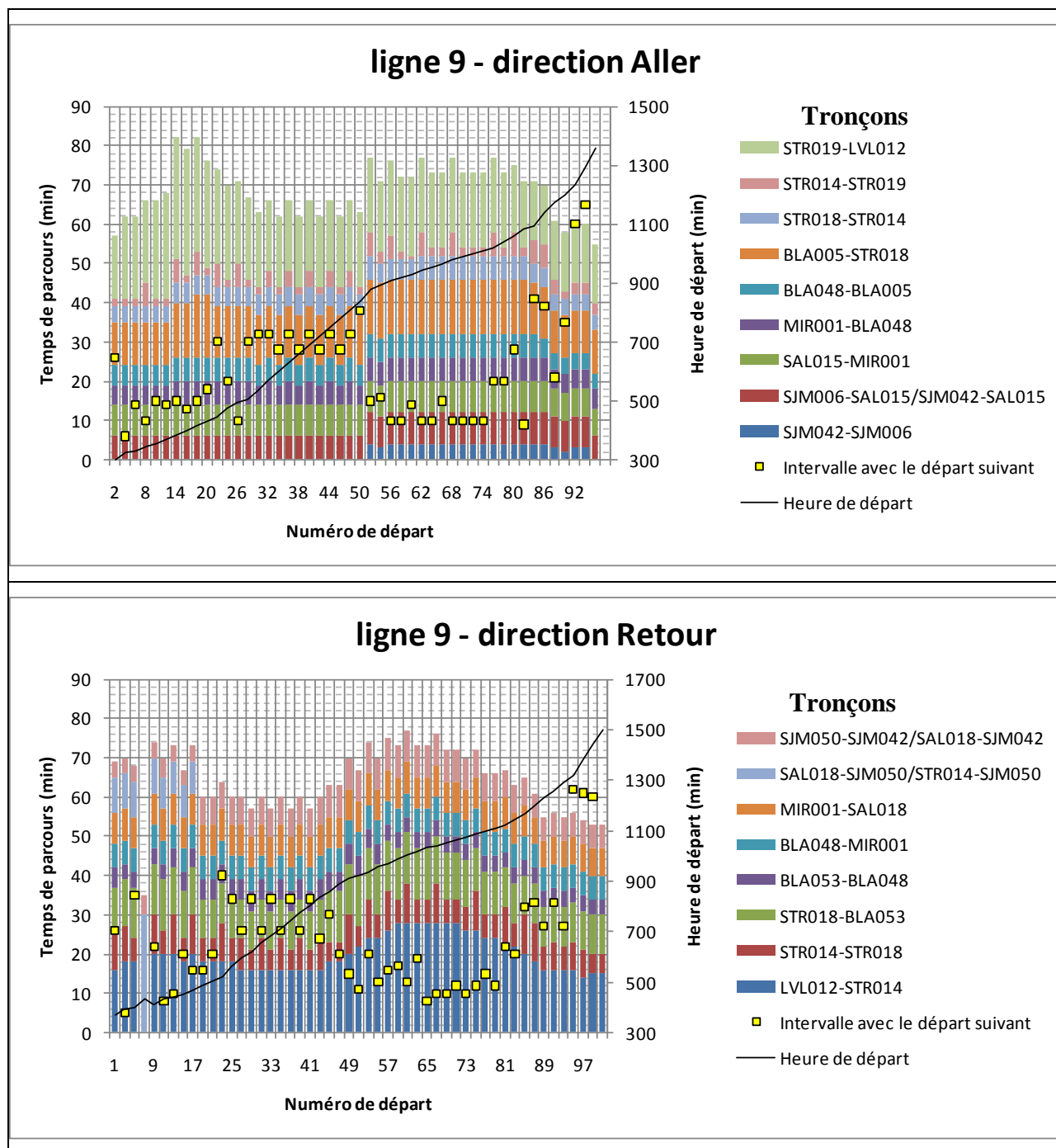


Figure 3-17 : Tableau de temps de marche de la ligne 9 (groupement 1). Données INFOMIT automne 2008.

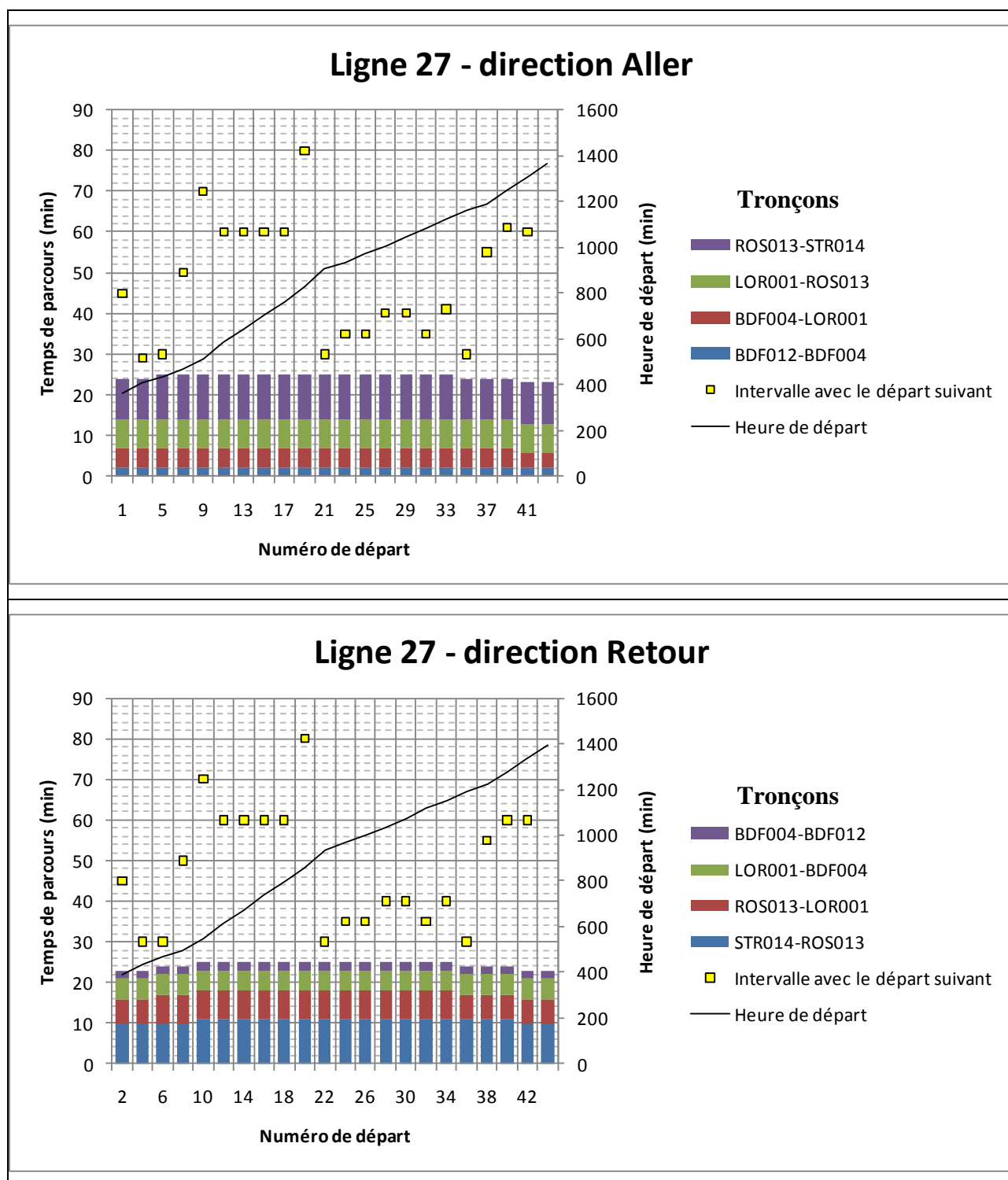


Figure 3-18 : Tableau de temps de marche de la ligne 27 (groupement 2). Données INFOMIT automne 2008.

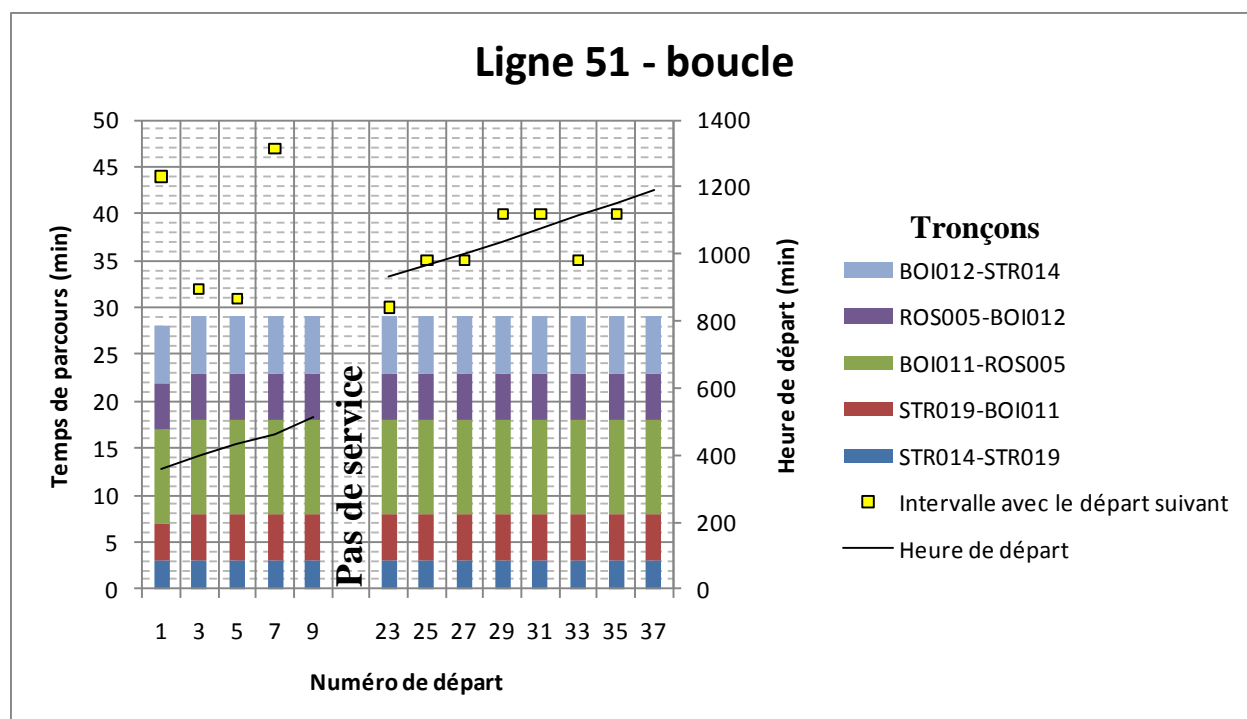


Figure 3-19 : Tableau de temps de marche de la ligne 51 (groupement 5). Données INFOMIT automne 2008.

Ces représentations permettent de soulever les points suivants :

- Seule la ligne 9 connaît une variation sensible de son temps de parcours en pointe. Celle-ci est due en grande partie au tronçon qui a lieu sur l'autoroute (dernier tronçon dans la direction Aller et premier dans la direction Retour). L'intervalle varie aussi de façon importante (minimum 5min, maximum 60min) ce qui va à nouveau dans le sens d'une adaptation de l'intervalle à un certain niveau de demande. La ligne 9 connaît un changement de parcours dans les deux directions. En réalité un crochet se rajoute à Saint-Jérôme pour desservir le CEGEP.
- Pour les lignes des autres groupements, le temps de parcours reste sensiblement constant tout au long du service. Pour les lignes 1 et 51, l'intervalle aussi varie peu (de 30 à 45min pour la ligne 51 et de 35 à 45min pour la ligne 1). Pour la ligne 27, celui-ci varie sensiblement, mais il reste, comme pour les 2 autres, supérieur au temps de parcours. La ligne 1 connaît aussi un changement de découpage des tronçons alors que le parcours global reste identique.

- Pour la ligne 9, le service n'est pas symétrique entre Aller et Retour, ce qui montre une prise en compte de la dissymétrie de la demande en fonction de la direction. Pour la ligne 27 au contraire, le service est exactement le même dans l'une ou l'autre direction.

Ainsi l'étude des diagrammes espace-temps et des tableaux de temps de marche montre que si les quelques lignes les plus importantes, comme la ligne 9 et les principales lignes du groupement 2, connaissent une adaptation de l'intervalle de service, les autres ont un intervalle quasiment constant, que ce soit en pointe ou hors-pointe. De même pour la majeure partie des lignes, cet intervalle ne descend pas sous la durée du parcours, ce qui montre que la grande majorité du service est organisé comme des véhicules tournant « en boucle » sur leur ligne. Enfin, seule la ligne 9 semble rencontrer des problèmes de congestion qui se traduisent par des rallongements de la durée de parcours en pointe du matin dans la direction Aller, et en pointe du soir dans la direction Retour.

L'analyse de l'offre de service et la constitution de groupements de lignes a permis de développer une analyse organisationnelle du système de transport en commun sur le territoire du CITL. Ainsi l'héritage des lignes interurbaines qui étaient organisées avant la création des CIT a pu ressortir dans le réseau régional. Toutefois un effort de desserte locale et régulière a été développé dans les Zones Nord et Ouest essentiellement. Le visage de cette desserte prend la forme de boucles. Du reste l'image de la boucle reste vraie même pour la plupart des lignes bidirectionnelles, car celles-ci sont desservies par 1 ou 2 véhicules qui enchaînent les allers et les retours. Cependant, quelques lignes majeures, comme la ligne 9 ou la ligne 8, ont connu un traitement de l'offre qui les rapprochent plus des lignes urbaines, avec une adaptation du niveau de service au niveau de demande. L'étude de la demande dans le chapitre 6, permettra d'évaluer l'impact d'une telle organisation sur l'utilisation qui est faite du service. Dans une recherche future, il pourrait être intéressant de pouvoir généraliser cette caractérisation, en essayant cette méthode de groupement sur les réseaux des autres Autorités Organisatrices de Transport (AOT) des Couronnes de Montréal par exemple. Ainsi il serait possible de mieux distinguer ce qui est propre à chaque AOT, à son histoire, de ce qui est propre à la lointaine banlieue.

CHAPITRE 4 DONNÉES DE PERCEPTION ET VARIABILITÉ DE LA DEMANDE DE TRANSPORT EN COMMUN

L'étude des données de perception a connu un essor particulier ces dix dernières années avec l'introduction des cartes-à-puces et autres cartes magnétiques comme on a pu le voir dans le chapitre 1. Cependant la plupart des réseaux de transport en commun en Amérique du Nord, et particulièrement ceux déployés hors des centres urbains, ne sont pas équipés de tels systèmes, et restent avec des systèmes de paiement par tickets classiques, argent comptant et présentation d'une carte d'abonnement au chauffeur. De telles données de transactions restent exploitables même si le support de paiement n'a pas d'identifiant, et peuvent procurer plus d'informations que le simple bilan comptable des revenus d'exploitation. L'analyse des données de perception du CITL offre l'opportunité d'utiliser dans un contexte de lointaine banlieue des données disponibles en grand nombre sur une base quotidienne pour pouvoir apprécier finement la variabilité temporelle et éventuellement spatiale de la demande.

4.1 Contexte

Le CITL a équipé l'ensemble de ses bus de machines de perception de marque GFI. Dans la suite de l'exposé on dénommera fréquemment l'ensemble de données par le terme GFI par abus de langage. Dans le cadre d'un partenariat de recherche avec le groupe MADITUC, l'intérêt de se pencher sur ces données de perception afin de se donner de nouveaux éclairages sur la demande de transport en commun s'est fait sentir.

On appelle « machine de perception » l'appareil situé à l'entrée des bus et qui sert à la validation des titres, l'émission des tickets de correspondance, la réception de l'argent comptant au cas échéant. Cet appareil est couplé à un terminal où le chauffeur rentre différents renseignements comme son matricule, la ligne empruntée, le voyage suivi et surtout où il valide manuellement les titres. Au centre de ces renseignements « manuels » se trouve l'horloge interne de l'appareil qui note l'heure de chaque transaction. Les données issues des relevés de perception possèdent donc une coordonnée temporelle mesurée par un appareil.

L'ensemble des données obtenues dans le cadre de ce travail couvre quatre jours de transactions sur le réseau du CITL. Il s'étale en effet du Lundi 10 au Jeudi 13 novembre 2008 inclus. Il permet ainsi de couvrir l'ensemble des jours ouvrables de la semaine à l'exception du Vendredi.

Cependant ceci est à mettre en parallèle au processus d'enquête à bord détaillé plus loin. Celui-ci excluait les vendredis des jours d'enquête par doute sur une éventuelle variation significative de la demande pour ce jour particulier.

4.2 Présentation de l'ensemble de donnée

Plus précisément, on dispose pour notre étude des relevés GFI du lundi 10 novembre 2008 à 04:00 jusqu'au jeudi 13 novembre 2008 à 23h59. On remarquera qu'il manque quelques transactions de la nuit de jeudi à vendredi qui font parties de la journée de jeudi dans le sens d'une journée de transport en commun. Cependant ce type de transaction ne représente que 0.04% du total des transactions sur les autres jours.

On se retrouve ainsi avec 59565 transactions. La répartition par jour est donnée par le tableau 4.1 ci-dessous.

Tableau 4.1 : Nombre de transactions par jour.

Jour	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Total
Transactions	14157	14616	15339	15453	59565
Transactions en %	23.8%	24.5%	25.8%	25.9%	100%

L'équilibre entre les jours semble bien être respecté (environ un quart des transactions par jour) même si le nombre de transaction augmente légèrement le long de la semaine. Il faudrait comparer avec d'autres semaines pour savoir si cette tendance se généralise, même si le phénomène, s'il existe, reste de faible ampleur.

4.2.1 Principaux concepts

Les données GFI sont une base de données de TRANSACTIONS qui se passent à bord des bus en tout endroit du réseau et distribuées dans le temps. Elles sont classées par ordre chronologique. Concrètement, une transaction correspond à deux types génériques d'événements. Le premier, et le plus fréquent, correspond à la présentation d'un TITRE de transport par son propriétaire à un CHAUFFEUR à bord d'un BUS (figure 4-1). Ce processus de création la place donc naturellement à la confluence de l'offre et la demande de transport en commun. La

validation d'une transaction par le chauffeur sur présentation d'un titre autorise la MONTÉE de l'usager à bord du bus. Dans ce premier cas une transaction est donc équivalente à une montée.

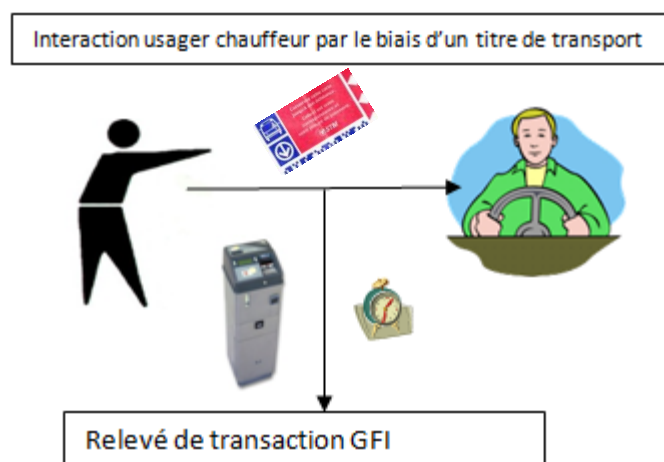


Figure 4-1 : La rencontre usager-chauffeur conduit à la création d'un enregistrement GFI.

Il existe un deuxième type de transactions qu'on appellera «internes». Celles-ci correspondent à des validations du chauffeur, des vidanges ou autre, qui ne correspondent à aucune activité de la demande, ou une montée refusée. Elles ne rentrent donc pas en compte dans la mesure de l'achalandage. Ces transactions sont donc retirées de la base de données principale où l'on ne garde que les transactions de montée.

La figure 4-2 représente les différentes notions qui gravitent autour de cet ensemble de données. L'objet Arrêt et ses coordonnées X-Y sont représentées par des pointillés car ils sont sous-entendus par les données mais un traitement est nécessaire pour les obtenir. L'univers des transactions renvoie donc à trois espaces : il renvoie à l'offre car une transaction ne peut se faire qu'à bord d'un bus à un arrêt, à la demande évidemment, et à l'aspect financier du transport en commun puisque ces transactions sont le revenu d'exploitation de la société qui opère le système.

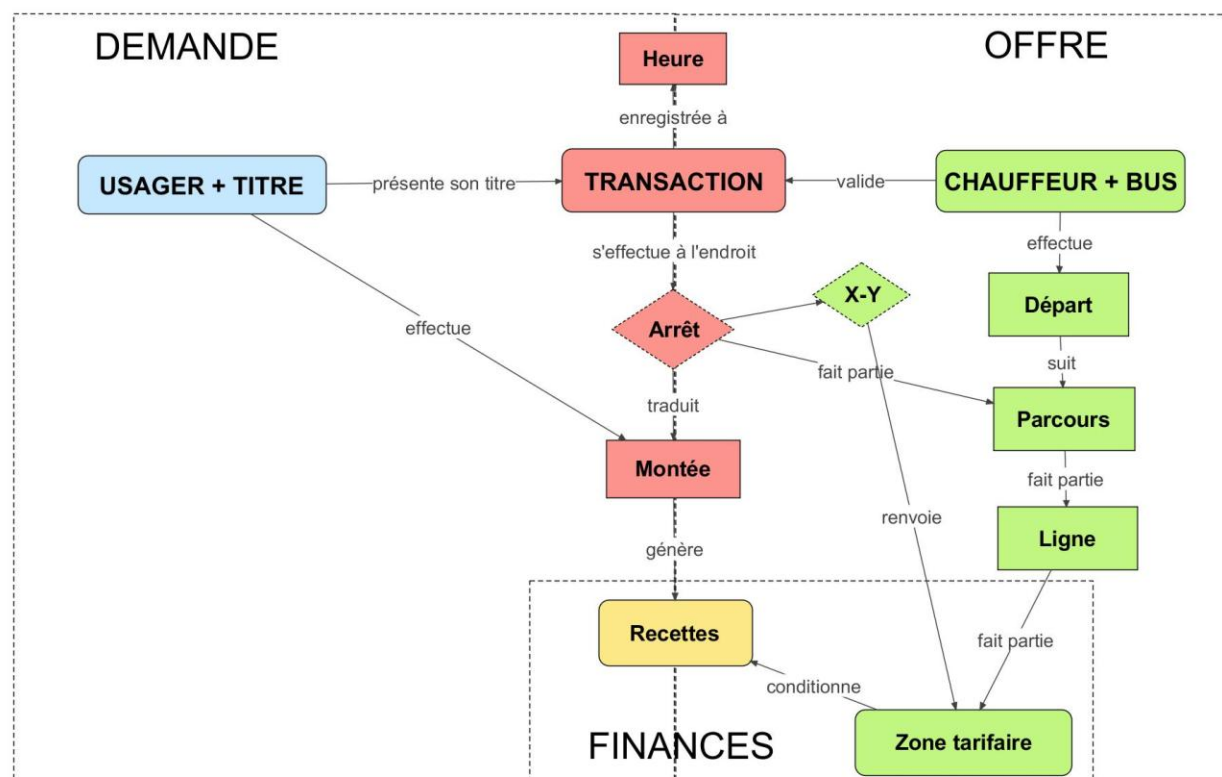


Figure 4-2 : Notions gravitant autour de la création d'une transaction par une machine de perception.

4.2.2 Principaux champs

On donne ici les champs essentiels qu'on retrouve pour chaque enregistrement. Certain champs sont issus directement du relevé de la machine de perception GFI, d'autres sont dérivés avec plus ou moins de traitement. Ces champs sont récapitulés dans le tableau 4.2. En bleu sont colorés les champs dont la construction est directe à partir des champs bruts. Par exemple le type de transaction ou le tarif sont déduits de la touche validée par le chauffeur grâce à un dictionnaire préétabli. En rouge sont colorés les champs construits qui demandent un traitement particulier comme la déduction de l'arrêt de montée expliquée dans la partie 4.4. On remarque aussi que les principaux champs qui renvoient au service sont rentrés par le chauffeur donc potentiellement une source d'erreur. Ce qui caractérise ces données comme des données de perception est aussi le montant d'argent reçu à chaque transaction payée comptant.

Tableau 4.2 : Principaux champs de la base de données GFI.

CHAMP	DESCRIPTION	Origine	Exemple
AUTOBUS	Numéro d'autobus	GFI	645
LIGNE	Numéro de la ligne	GFI	9
PARCOURS	Numéro du Parcours	Construit	1
VOYAGE	Numéro du voyage (départ)	GFI	2
CHAUFFEUR	Numéro du chauffeur	GFI	682
GRILLE_TAR	Grille tarifaire	GFI	2
DIRECTION	Direction	GFI	Retour
VALEUR	perception émettrice de la correspondance	GFI	1
DESC	Description de la touche appuyée par le chauffeur	GFI	Touche 1
MONTANT	Montant perçu	GFI	4
Xcoord	Coordonnée de l'arrêt de montée (en MTM)	Construit	280658
Ycoord	Coordonnée de l'arrêt de montée (en MTM)	Construit	5057900
ARRET	Code de l'arrêt	Construit	BLA135B
ID_TRANS	Identificateur unique de la transaction (date+no.sequentiel par jour)	Construit	08111000001
TYPE_TRANS	Numéro du type de transaction	Construit	119
DATE	Date de la transaction	Construit	20081110
HEURE	Heure de la transaction	Construit	04:57:51
HEURE_M	Heure en minutes de la transaction	Construit	298
HEURE_CUM	Heure en minutes cumulées depuis de 10 novembre 00:00	Construit	4787
TYPE_TITRE	Type de titre	Construit	COMPTANT
TARIF	Type de tarif	Construit	ORD
TERR_TITRE	Territoire (zone) admissible avec le tarif	Construit	P-P
JOUR_ENQ	Journée enquêtée (X)	Construit	
DEP_CIBLE	Départ (voyage) ciblé par l'enquête (X)	Construit	X
DEP_ENQ	Départ (voyage) enquêté lors de l'enquête (X)	Construit	
ID_DEP	Identificateur du départ (Ligne+Voyage)	Construit	0902
ZONE	Zone tarifaire de l'arrêt (CITL)	Construit	Nord
TERR_AMT	Zone tarifaire de l'arrêt (AMT)	Construit	5

4.2.3 Erreurs

Comme toute base de données «expérimentale», c'est-à-dire issue de mesures ou d'un relevé d'appareil, un certain nombre d'erreurs se retrouvent tout au long des données. Cependant un traitement préalable a été opéré en amont de la base qui a été utilisée dans le cadre de ce travail. Le tableau 4.3 présente les sources d'erreurs les plus évidentes dues aux valeurs impossibles.

Hormis l'erreur de direction, les autres concernent peu d'enregistrement et seront passées sous silence. L'erreur de direction se corrige très facilement en harmonisant la notion de direction avec

celle indiquée dans le service planifié. Ceci marque bien le manque de clarté d'une telle notion pour l'ensemble des chauffeurs.

Tableau 4.3 : Erreurs immédiates de la base de données GFI.

Erreur	Nombre d'occurrences	Proportion d'erreur	Exemple
Ligne inexistante	113	0.2%	Ligne 777
Voyage inexistant	136	0.2%	Voyage 27 pour les lignes 1 et 2
Direction erronée	40930	69%	-

Pour s'assurer que les transactions sont bien regroupées selon les départs, un léger traitement est nécessaire. On regarde, grâce à une table comme celle présentée par la figure 4-3, la moyenne du numéro de bus opérant chaque départ chaque jour. Ce nombre est censé être un entier. Les nombres non entiers ressortent donc et la base peut être corrigée en réattribuant le bon départ à chaque bus. Ainsi 41 départs sur les 3870 environ sont «opérés» par plusieurs bus à la fois. La plupart du temps ceci correspond à un oubli de changer le voyage au terminus pour les premiers montants. Cette méthode n'est pas fiable à 100% pour repérer les problèmes de regroupement par départs. En effet il est possible que la moyenne de nombres différents donne un entier (exemple : 5 transactions sur le bus 611 et 5 transactions sur le bus 613 donne une moyenne de 612).

Tableau 4.4 : Table de vérification de l'unicité des bus par départ par la moyenne des matricules de bus. Exemple de la ligne 8.

ligne	voyage	20081110	20081111	20081112	20081113
8	1	608	608	608	608
8	2	608			
8	3	615	615	615	615
8	4	615	615		615
8	5		608	608	608
8	6		608	608	608
8	7	612	612	612	612
8	8	612	612	612	612
8	9	609.94	610.651163	609.076923	611.495146
8	10	615	615	615	613.714286
8	11	608	608	608	608
8	12	608	608	608	608
8	13	612	612	612	612
8	14	612	612	612	612
8	15	615	615	615	615
8	16	615		615	615
8	17	608		608	608
8	18	608	608	608	608
8	19	612	612	612	612
8	20	612	612	612	612
8	21	615	615	615	615
8	22	615	615	615	615
8	23	612	612	612	
8	24	612	612	612	

4.2.4 Faits saillants

Afin de se donner un ordre d'idée de l'importance de l'activité sur ce réseau et de mettre en perspective les différents éléments mis en présence, quelques faits saillants seront exposés.

La répartition des transactions par type de titre (tableau 4.5) suggère que la majorité des transactions (69%) est faite par une clientèle habituée car munie d'abonnements. En outre la faible importance des titres de correspondance laisse à penser qu'une correspondance réalisée avec un abonnement sera répertoriée comme abonnement.

Tableau 4.5 : Répartition des transactions enregistrées du 10 au 13 novembre sur le réseau du CITL par type de titre.

Type de Titre	Abonnement Mensuel CITL	TRAM	Comptant	Billet	Correspondance	TOTAL
% du total des transactions	38%	31%	16%	4%	7%	59565 transactions

Tableau 4.6 : Répartition des transactions enregistrées du 10 au 13 novembre sur le réseau du CITL par territoire de montée.

Zone tarifaire	Zone CITL Nord	Zone CITL Ouest	Zone CITL Centre	Zone AMT 3	Zone AMT 5	Zone AMT 6	Zone AMT 7	Zone AMT 8	TOTAL
% du total des transactions	14%	14%	72%	14%	28%	40%	16%	2%	59565 transactions

Voici quelques autres éléments marquants :

- Ligne la plus achalandée : la ligne 9 avec 31% des transactions
- Départ le plus achalandé : le départ 43 de 13h56 de la ligne 9 avec 109 montants.
- Heure la plus achalandée : le 12 novembre de 7h à 8h avec 1850 transactions soit 12% du total quotidien.

4.3 Variabilité temporelle de la demande

4.3.1 Représentation de l'achalandage comme une série temporelle

On n'utilise dans cette partie que la coordonnée temporelle des transactions, ainsi que le voyage sur lequel elles ont été faites. Cette première approche permet de caractériser la régularité dans le temps de la demande de transport en commun, aussi bien au sein d'une journée qu'entre les différents jours. En outre grâce à une segmentation par type de titres, il va être possible de mettre en lumière des différences dans la mobilité des divers types de clientèles.

Dans les graphiques suivants la chronologie des transactions est représentée de façon continue jour après jour. Les transactions sont agrégées par tranches d'une heure. Pour la ligne 9 et le réseau régional on fait la distinction Aller/Retour selon la définition donnée au chapitre 3. Pour les groupes 3 et 5 (réseau local et réseau local spécial) la distinction Aller/Retour ne se justifie pas réellement étant donné l'importance du nombre de boucles et de lignes opérés dans une seule direction par période.

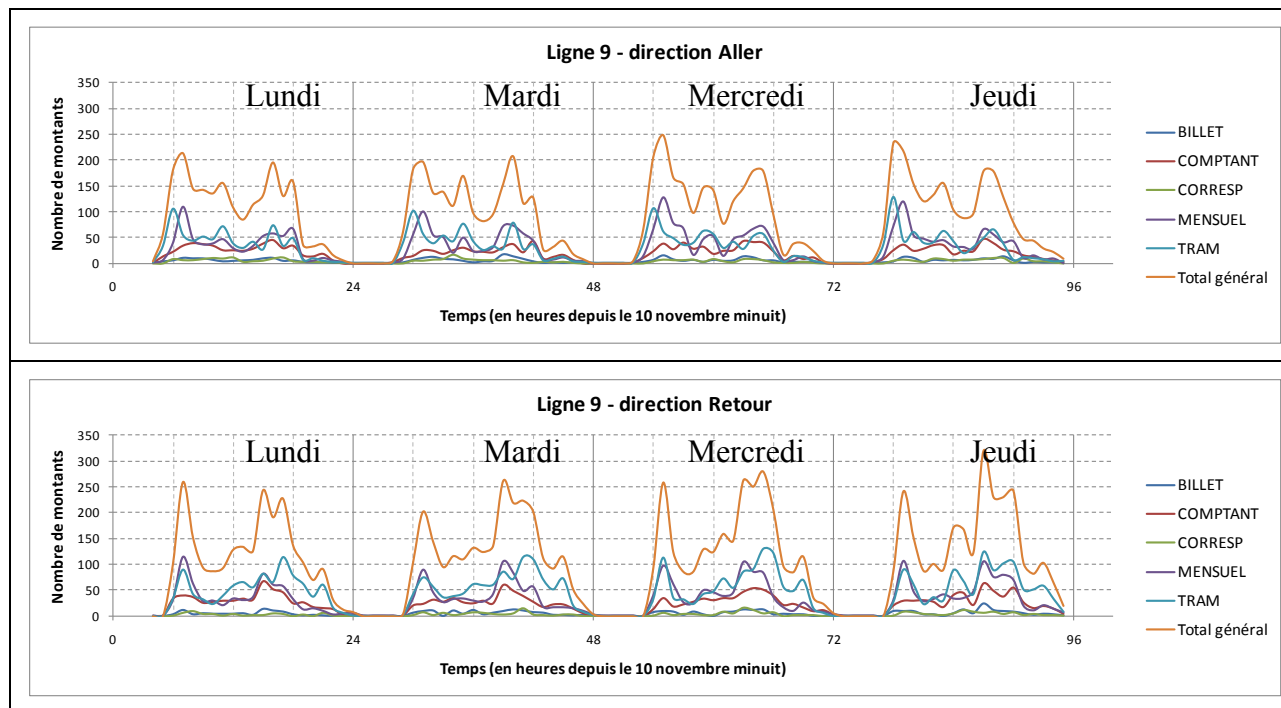


Figure 4-3 : Variabilité temporelle de l'achalandage sur la ligne 9 du CITL d'après les données de perception.

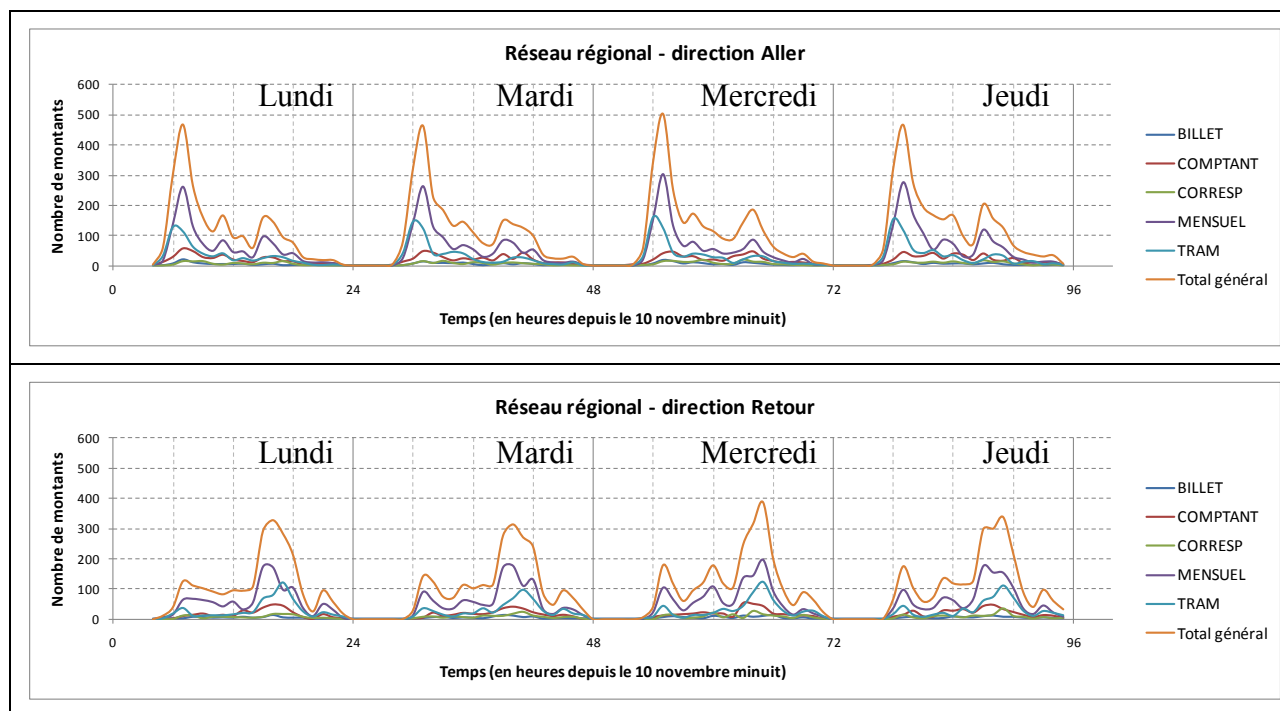


Figure 4-4 : Variabilité temporelle de l'achalandage sur le réseau régional du CITL d'après les données de perception.

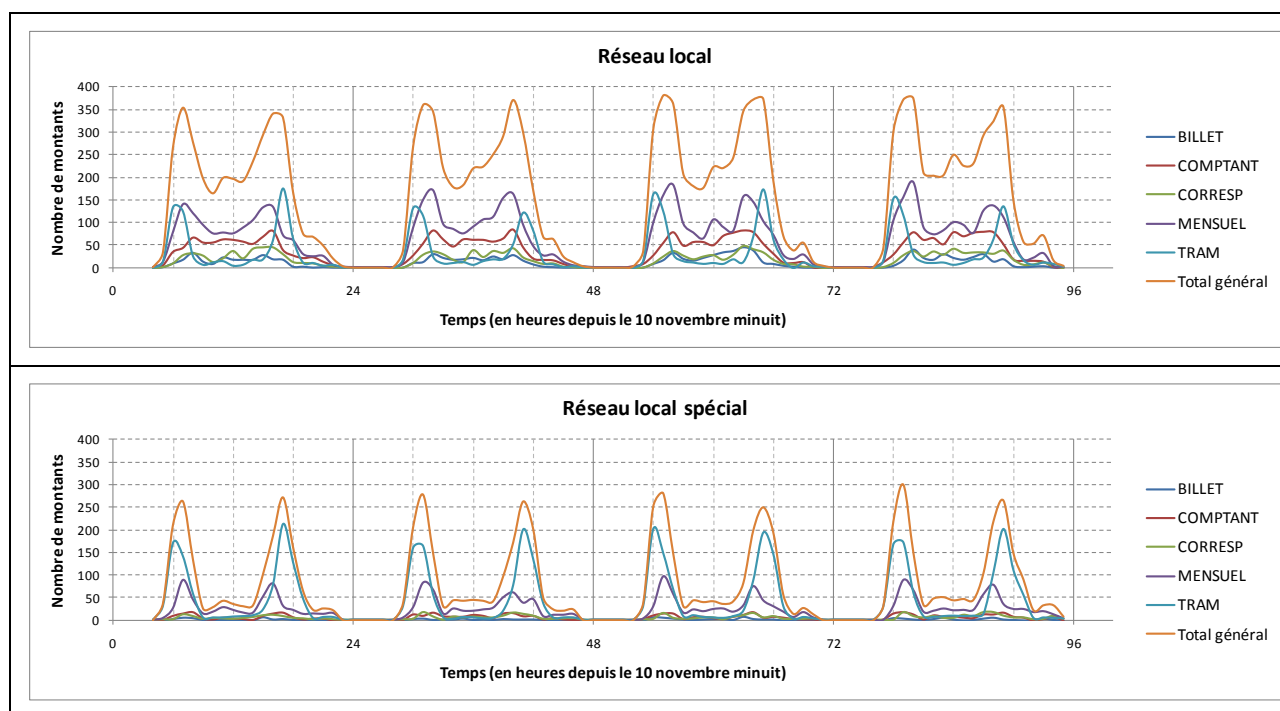


Figure 4-5 : Variabilité temporelle de l'achalandage sur le réseau local et local spécial du CITL d'après les données de perception.

La représentation de l'achalandage comme une série temporelle donne déjà un bon aperçu des symétries existantes, des moments critiques et des différences entre les profils d'achalandages selon les regroupements d'offre. Les faits saillants suivants peuvent être relevés :

- La ligne 9 est utilisée dans ses deux directions toute la journée. Il y a présence d'un pic du matin et du soir dans les deux directions. Cependant le pic du matin est le plus important dans le sens Aller et celui du soir dans le sens Retour, ce qui traduit tout de même une certaine anisotropie.
- Le réseau régional marque plus de différences entre les deux directions. Il y a seulement un pic en pointe du matin dans la direction Aller et un pic du soir dans la direction Retour.
- Les réseaux locaux semblent beaucoup plus symétriques entre le matin et le soir. La symétrie dans le réseau spécial est liée dans une certaine mesure à la symétrie même de l'offre. Elle est d'autant plus intéressante dans le réseau local régulier car l'offre est identique matin et soir. Dans ce cas le pic du matin est de même importance que le pic du soir, à la différence des lignes régionales pour lesquelles le pic du soir est beaucoup plus étalé.
- Un pic du « midi » apparaît dans presque tous les cas. Il est particulièrement marqué sur la ligne 9. Il correspond à la fois à des départs et à des retours car présent sur les deux directions.
- Dans la direction Retour (ligne 9 et réseau régional essentiellement) on retrouve un soubresaut après la pointe du soir, ce qui laisse suggérer que les déplacements à destination du Centre-ville induisent un retour parfois plus tardif que ceux à destination de la banlieue.
- Les détenteurs de cartes TRAM sont les premiers à intervenir sur le réseau le matin (leur pic du matin est le plus tôt). Ils sont suivis par les détenteurs de cartes Mensuelles. Le soir l'ordre est inversé. Les détenteurs de cartes TRAM ont donc des activités en moyenne plus longues. Les usagers payant comptant voyagent essentiellement en période hors-pointe et ne connaissent pas réellement de période de pic comme les autres usagers.

La visualisation des séquences chronologiques de titre éclaire beaucoup la perception qu'on peut avoir de la variabilité et des symétries de la demande de transport en commun en l'attente

banlieue. Il peut néanmoins être intéressant de chiffrer les degrés de ressemblances entre deux directions ou deux périodes d'une journée. Ceci est abordé par un traitement statistique simple : l'autocorrélogramme.

4.3.2 Calculs d'autocorrélation linéaire

Ce type de graphique représente le coefficient d'autocorrélation en fonction du décalage temporel qui y a été introduit. On rappellera que l'autocorrélation d'une série temporelle est en fait le calcul de la corrélation de cette série avec une version décalée d'elle-même. Le coefficient d'autocorrélation peut alors s'exprimer de la façon suivante en fonction du décalage temporel k :

$$R(k) = \frac{E[(X_i - \bar{X})(X_{i+k} - \bar{X})]}{\sigma^2} \quad \text{où } \bar{X} \text{ est la moyenne de la série des } (X_i) \text{ et } \sigma \text{ son écart-type. } E() \text{ représente ici l'espérance mathématique. On compare les } n-k \text{ éléments coïncidant.}$$

Ce coefficient varie entre -1 et 1, -1 étant une anticorrélation parfaite et 1 une corrélation parfaite. La figure 4-6 représente l'application de ce coefficient à l'achalandage de la ligne 9 dans les deux directions.

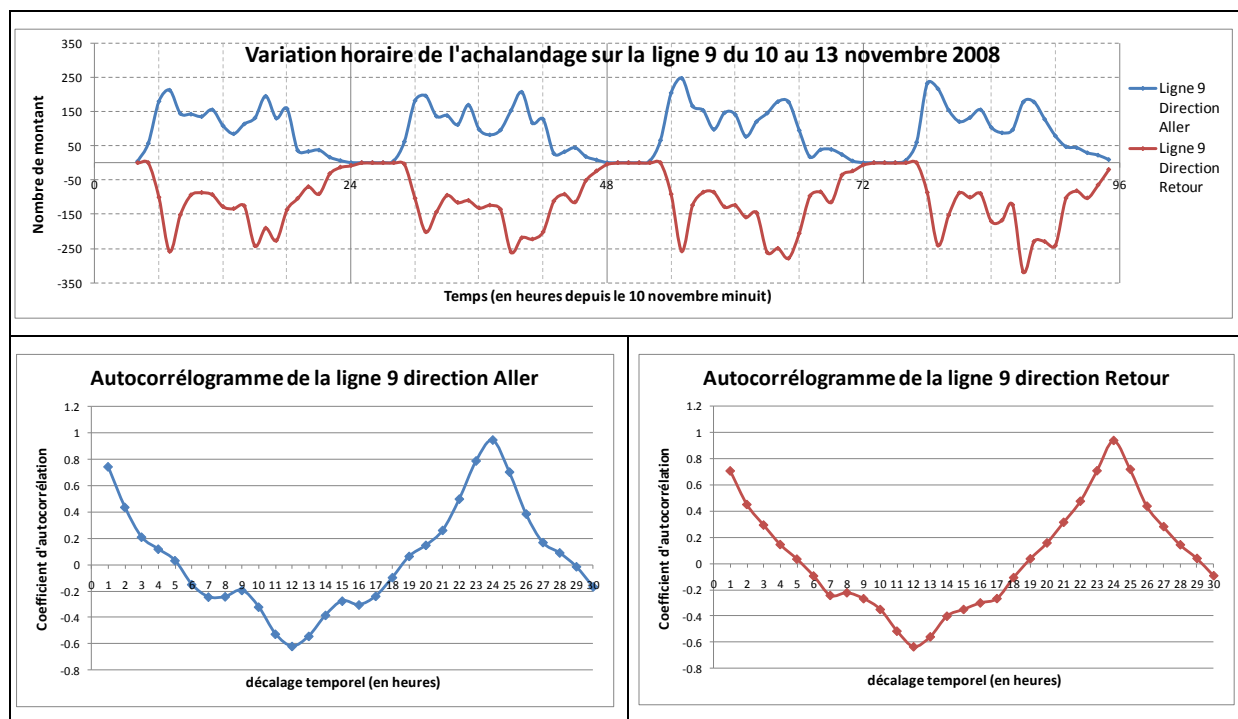


Figure 4-6 : Autocorrélogrammes de la ligne 9.

On remarque bien pour la ligne 9 une très forte corrélation pour un décalage de 24 heures ($R(24h)=0.944$ dans la direction Aller et $R(24h)=0.937$ dans la direction Retour), c'est-à-dire d'un jour sur l'autre. La variabilité entre les jours de la semaine est donc faible. Il ressort aussi une anticorrélation prononcée pour un décalage de 12h ($R(12h)=-0.618$ dans la direction Aller et $R(24h)=-0.634$ dans la direction Retour), ce qui suggère une certaine antisymétrie à 12h de décalage pour chaque direction. On applique donc ce traitement aux signaux détaillés précédemment et les extrema remarquables de l'autocorrélogramme sont récapitulés dans le tableau 4.7.

Tableau 4.7 : Extremums locaux de l'autocorrélogramme pour les différents groupements de lignes

Décalage temporel	6h	10h	12h	17h	24h
Ligne 9 direction Aller	-	-	0.618	-	0.944
Ligne 9 direction Retour	-	-	0.634	-	0.937
Réseau régional direction Aller	-	-	-0.413	-	0.975
Réseau régional direction Retour	-	-	-0.656	-	0.957
Réseau local régulier	-	-	-0.760	-	0.986
Réseau local spécial	-0.360	0.278	-	-0.338	0.984

On retrouve bien dans tous les cas une forte corrélation de l'achalandage à 24h de différence. Pour le réseau local régulier, l'anticorrélation à 12h de décalage est particulièrement marquée. Le réseau local spécial a lui une situation particulière : il possède plus d'extremums locaux, mais ceux-ci ont des valeurs plus faibles, alors que le signal est à priori le plus simple.

4.3.3 Variabilité de l'achalandage entre les mêmes voyages

Pour l'instant, l'étude de la variabilité temporelle de la demande s'est intéressée uniquement aux variations horaires. Il peut aussi être pertinent d'avoir une idée des variations de l'achalandage au sein des 968 voyages eux-mêmes. Pour cela il peut être mis au point une visualisation interactive avec Excel afin d'inspecter les différences de profils entre les départs d'une ligne-direction. Ce visualisateur est représenté par la figure 4-7 avec l'exemple de la ligne 2.

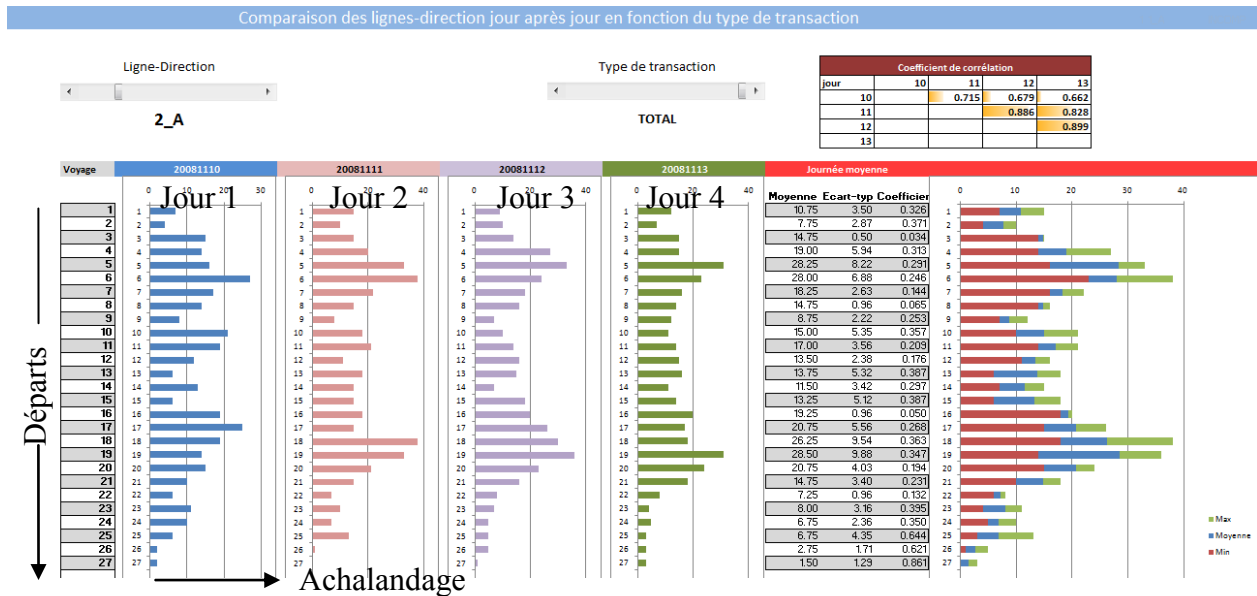


Figure 4-7 : Aperçu du visualisateur d'achalandage départ par départ pour l'ensemble des lignes-directions du CITL.

Il apparaît alors qu'il est assez complexe de parler de stabilité jour après jour de l'achalandage de chaque départ. En effet comme le montre la figure 4-8, le coefficient de variation pour chaque départ est lié à l'achalandage même du départ. Ceci est assez naturel puisque une faible variation absolue aura beaucoup plus d'impacts relatifs sur un départ peu achalandé.

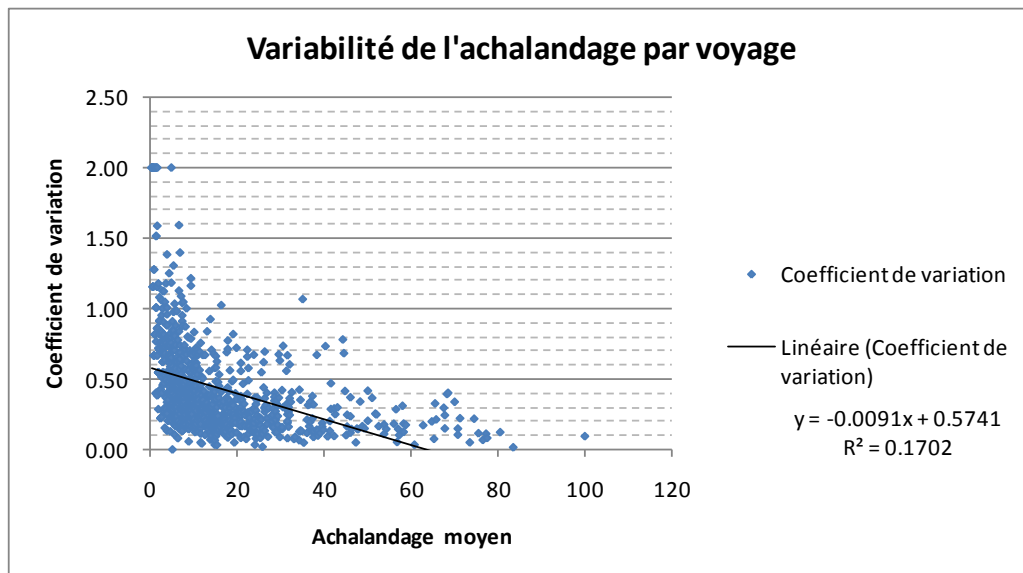


Figure 4-8 : Représentation du coefficient de variation de l'achalandage de chaque départ en fonction de sa moyenne.

On remarque ainsi que si au-dessus de 20 montants en moyenne le coefficient de variation se stabilise entre 0 et 50%, au-delà il croît fortement à mesure que l'achalandage moyen diminue. Or les départs qui ramassent moins de 20 personnes en moyenne représentent environ 75% de tous les départs. L'étude de la variation entre départs est donc complexe. Des conclusions plus assurées pourraient cependant être tirées avec un nombre plus important de jours disponibles.

4.4 Localisation des transactions

Dans toute analyse de transport il est important d'avoir une visualisation spatiale de phénomènes. Jusqu'à présent on s'est contenté de la dimension temporelle des données GFI. Le but de cette partie du mémoire va être d'associer des coordonnées aux transactions et afin d'étudier la distribution spatiale de l'activité sur le réseau du CITL.

4.4.1 Imputation de l'arrêt de montée

Comme on l'a vu dans le chapitre 3, les données de service planifié INFOMIT permettent d'établir pour chaque ligne un diagramme espace-temps liant l'horaire planifié des départs à la géométrie des parcours. Or les transactions, dont on possède aussi l'horaire, ne peuvent se produire qu'aux arrêts ou peu de temps après le redémarrage du bus. Les coordonnées spatiales et temporelles des transactions sont donc contraintes de la même façon que celles des arrêts par le diagramme espace-temps. La figure 4-9 représente donc très simplement comment retrouver les coordonnées spatiales des transactions : le coin «Résultat» des rectangles successifs dessine la courbe des montées en fonction de la distance ou des coordonnées x-y.

Cette méthode est traitée de façon automatique par une procédure VBA Excel. On calcule l'abscisse curviligne grâce à la base de données des départs : la position de chaque transaction est interpolée linéairement entre la paire de Lieux qui l'encadre temporellement. Ensuite on associe à cette transaction l'arrêt accessible de ce départ dont l'abscisse curviligne est la plus proche. Au final 138 transactions ne peuvent être traitées par cette méthode car effectuées sur un départ inexistant.

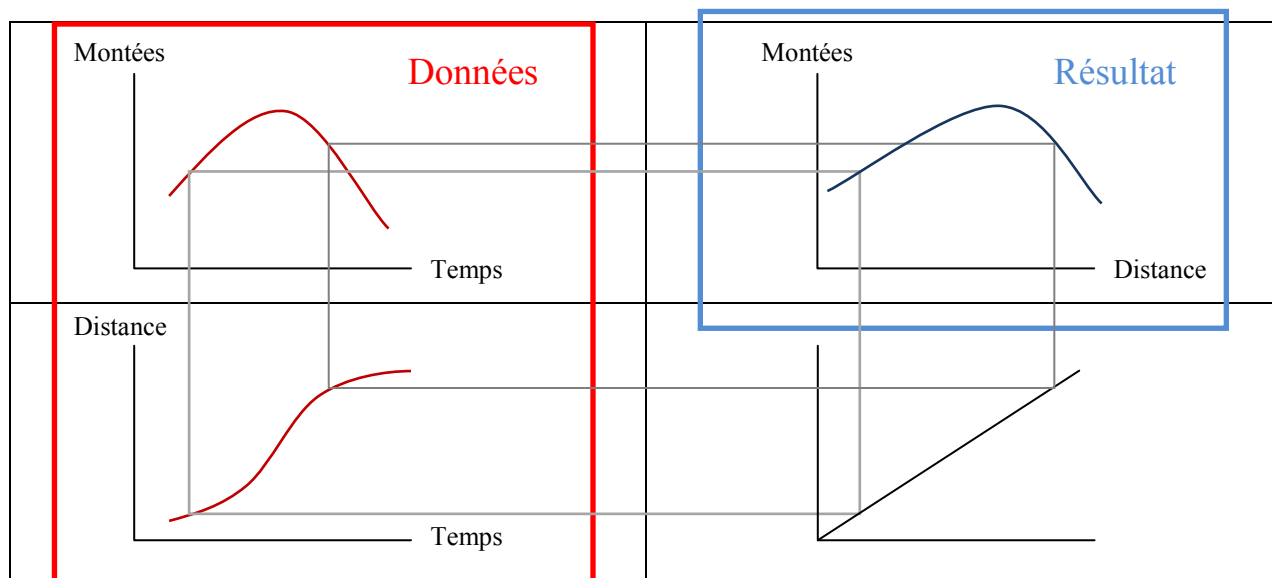


Figure 4-9 : Méthode graphique pour spatialiser les données GFI.

Les précautions majeures qu'il faut prendre avec l'interprétation des résultats de ce type de traitement sont, outre le non respect de l'horaire planifié, la dispersion sur plusieurs arrêts de montées faites sur un même arrêt. En effet, d'après les données GFI, on peut relever que les personnes qui montent à un même arrêt génèrent des transactions à environ 3 secondes d'intervalle. Aux endroits où les arrêts sont rapprochés et où les files d'attentes pour monter sont longues, il est possible que le temps cumulé pour faire monter l'ensemble des usagers dépasse le temps seuil où l'on aura changé d'arrêt théorique le plus proche. Une amélioration ultérieure pourrait être de regrouper les montants par ensembles qui sont montés au même arrêt selon leur espacement temporel puis, seulement après, d'associer ces groupements de transactions à un arrêt de montée.

4.4.2 Représentation de l'activité sur le réseau

La figure 4-10 représente le résultat de cette association en agrégeant les montées par paire de coordonnées x-y pour l'ensemble des transactions des 4 jours. La taille des points varie en fonction du nombre de montées faites à cette paire de coordonnées, mais elle n'est pas proportionnelle à l'achalandage en ce point, car les variations sont trop importantes. On ne verrait alors que les quelques points les plus importants. La figure 4-11 correspond au même traitement (même échelle pour les points) mais permet de zoomer sur les trois zones Centre, Nord et Ouest.

Grâce à ces représentations les principaux générateurs de déplacements ressortent bien. Ils sont détaillés dans le tableau 4.8.

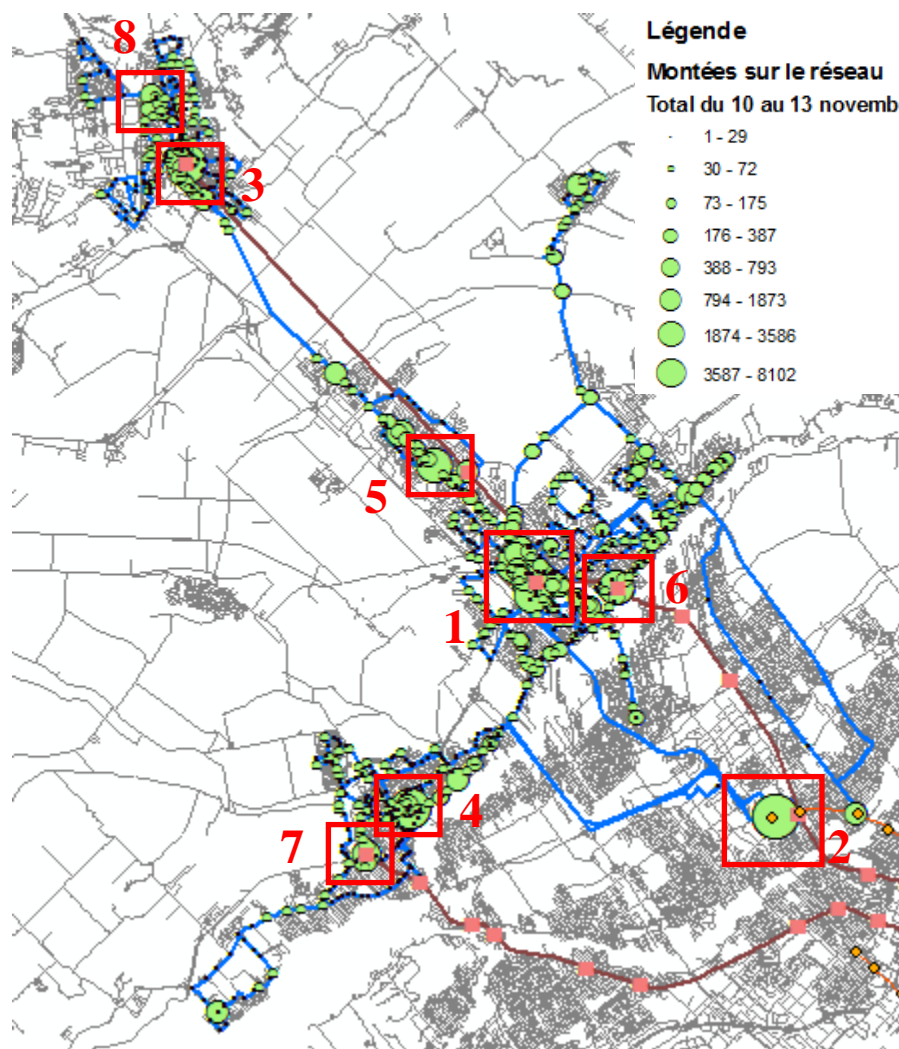


Figure 4-10 : Transactions sur l'ensemble du réseau du CITL du 10 au 13 novembre 2008.

On peut voir qu'il y a un très gros écart entre le nombre de montées au niveau des générateurs principaux et au niveau des autres arrêts. Ces 8 générateurs comptent pour 50% de toutes les transactions quotidiennes sur le réseau. Ceux-ci sont pour la plupart des terminus importants du réseau, à l'exception du Centre de Blainville du Carrefour du Nord et du CEGEP Lionel-Groulx dans une certaine mesure. Ceci suggère qu'une proportion importante des déplacements se fait de terminus à terminus.

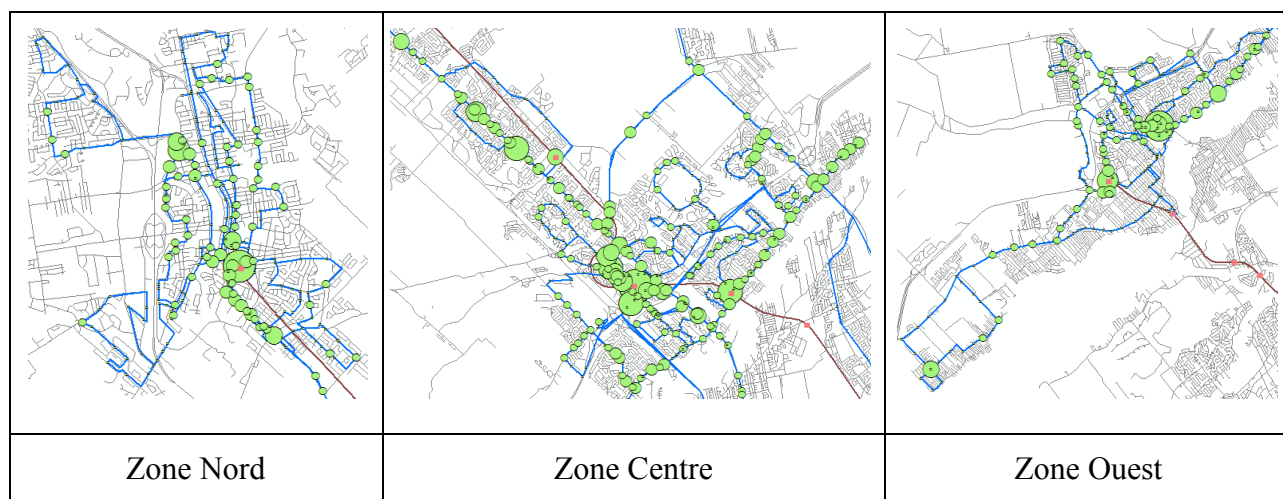


Figure 4-11 : Transactions sur les trois secteurs du territoire du CITL du 10 au 13 novembre 2008.

Tableau 4.8 : Transactions quotidiennes dans les générateurs majeurs de déplacements.

Numéro	Générateur	Nombre de transactions par jour	Pourcentage du total quotidien
1	Gare de Sainte-Thérèse	2026	14%
1bis	CEGEP Lionel-Groulx	803	5%
2	Terminus Montmorency	1950	13%
3	Gare de Saint-Jérôme	897	6%
4	Terminus Saint-Eustache	806	5%
5	Centre de Blainville	288	2%
6	Gare de Rosemère	273	2%
7	Gare de Deux-Montagnes	198	1%
8	Carrefour du Nord	166	1%
	TOTAL	7407	50%

Les représentations précédentes sont valables pour l'ensemble de la journée. En fait, l'activité se répartit différemment sur le réseau en fonction de la période de la journée. La figure 4-12 permet par exemple de comparer la physionomie des montées entre la pointe du matin et la pointe du soir.

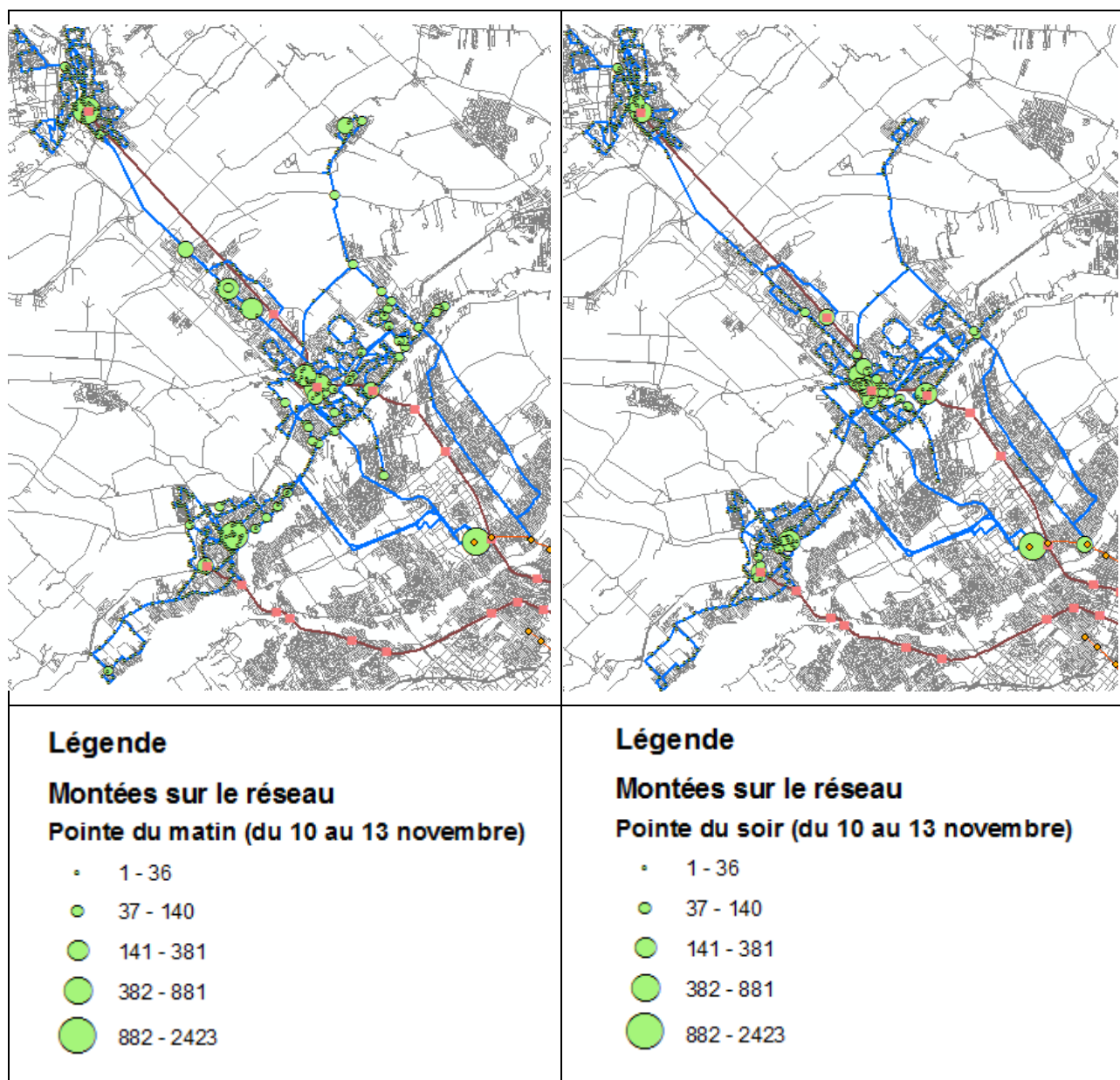


Figure 4-12 : Comparaison des lieux de montée entre la pointe du matin et la pointe du soir d'après les données de perception recueillies du 10 au 13 novembre 2008.

La différence de profil entre la pointe du matin et la pointe du soir est assez flagrante. Le matin, les transactions sont beaucoup plus uniformément réparties sur l'ensemble du réseau et

l'importance des générateurs principaux est réduite même si elle reste importante. Le soir au contraire, les montées sont très concentrées sur les 9 générateurs détaillés précédemment ainsi que sur quelques autres terminus importants du réseau du CITL comme la station de métro Cartier. Si l'on juge par la symétrie entre pointe du matin et du soir qui ressort de l'analyse temporelle (profils horaires des transactions), on détient par l'étude de la pointe du soir un bon aperçu des destinations des usagers empruntant le service du CITL le matin.

4.4.3 Migration du centre de gravité des transactions

Comme on l'a vu au chapitre 2 (figure 2-8), le centre moyen est une façon de décrire des distributions et de les comparer entre elles. La même technique a été appliquée aux données de perception du CITL pour décrire l'évolution du centre moyen au cours de la journée mais aussi entre les 4 jours de données disponibles.

Dans un premier temps, la figure 4-13 représente le centre moyen pour chaque heure de la journée, tous les jours étant pris en compte. Tout au long de la journée ce centre moyen suit l'axe de l'Autoroute 15 et connaît globalement une migration vers le sud ponctuée de points d'arrêts et de mouvements rétrogrades notamment en fin de pointe du matin. Le point de minuit est très éloigné des autres. Il s'agit des personnes qui prennent les derniers départs à la station Montmorency. À cette heure seule la ligne 9 circule encore.

Ensuite la figure 4-14 se concentre sur la partie centrale du réseau et représente les ellipses de dispersion autour de chaque centre moyen afin de faire figurer la variabilité entre les jours. L'ellipse représente la dispersion pour chaque heure des centres moyens des quatre jours. De telles ellipses sont dimensionnées à partir de l'écart-type de l'ensemble de points à représenter. Leur grand axe et leur petit axe ont pour longueur deux écart-types dans leur direction respective. On peut remarquer que la variabilité quotidienne du centre moyen selon l'axe perpendiculaire à l'autoroute 15 est très faible alors qu'elle est un peu plus importante sur l'axe parallèle.

L'étude de ces deux représentations montre que le poids principal de la distribution des titres se trouve sur un axe parallèle à l'autoroute 15 : la ligne 9. En outre ce qui se trouve de part et d'autre de cet axe est relativement bien équilibré (léger avantage pour la partie ouest). On peut remarquer aussi que les parties «extrêmes» du réseau, c'est-à-dire la zone Nord, la zone Ouest ou Sainte-Anne-des-Plaines par exemple, s'activent les premières suivies des parties plus centrales.

Dans la journée les transactions se stabilisent en moyenne sur Sainte-Thérèse. Lors de la pointe du soir, elles reprennent leur migration globale vers les sud avec toute l'importance de la gare de Sainte-Thérèse et du Terminus Montmorency dans l'achalandage en pointe du soir que l'on connaît. Cette caractérisation permet de faire ressortir toute la logique de la définition Aller/Retour développée au chapitre 3.

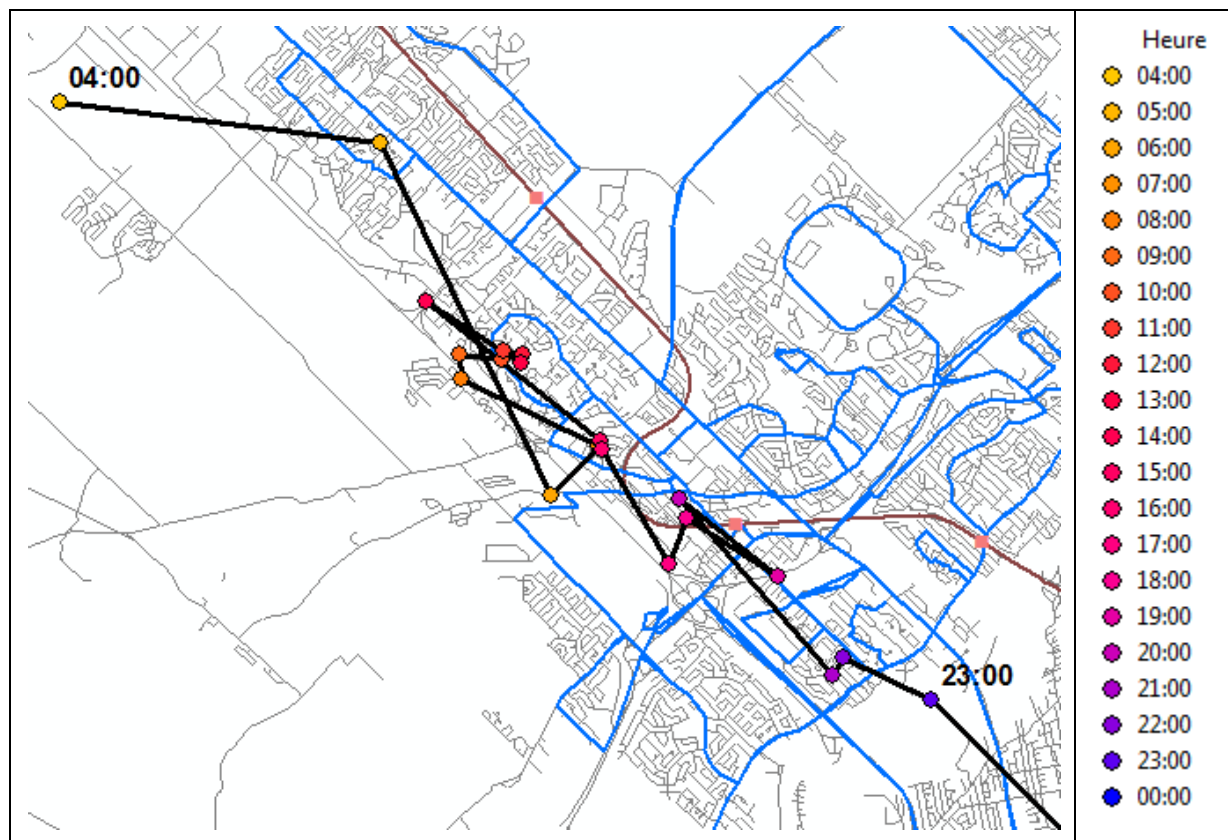


Figure 4-13 : Migration heure par heure du Centre Moyen des transactions sur le réseau du CITL.

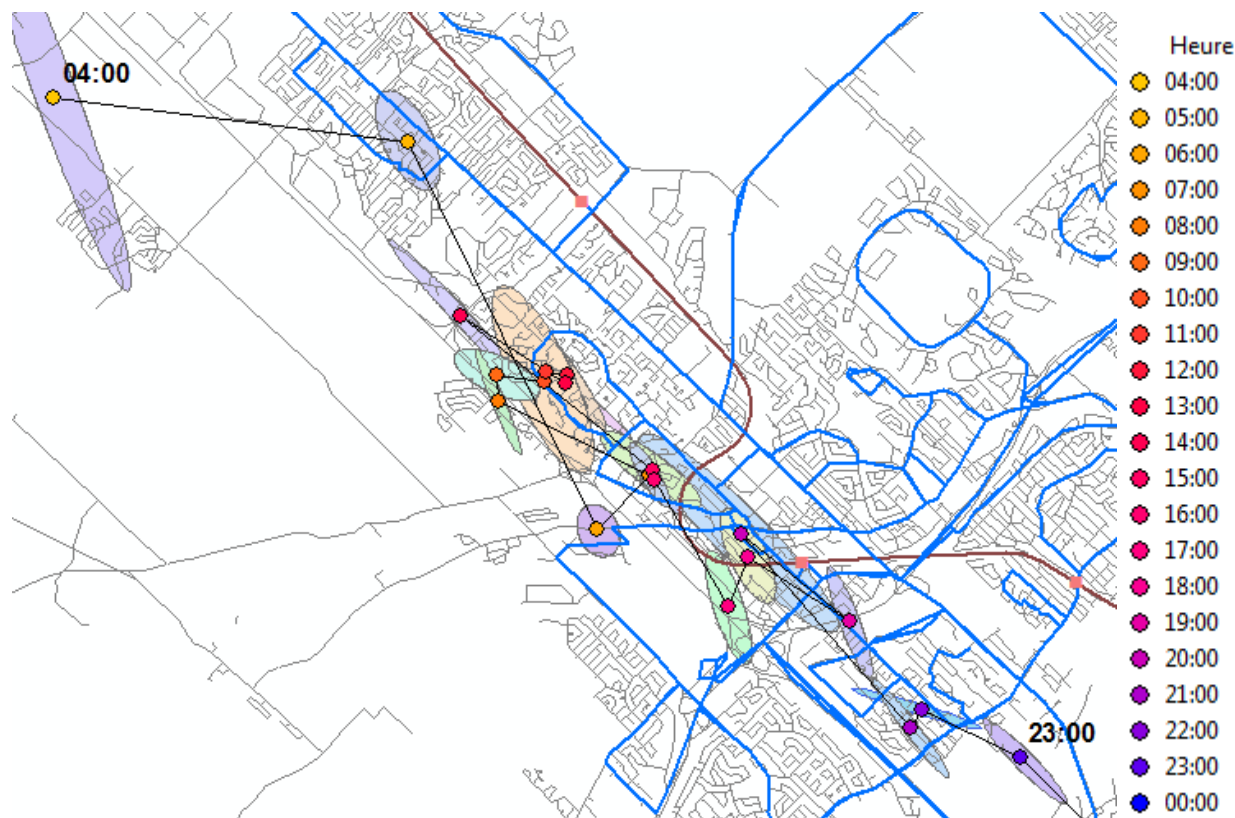


Figure 4-14 : Centre moyen des transactions et ellipse de dispersion des centres moyens quotidiens heure par heure.

Ce chapitre a montré quelques possibilités d'utilisation des données de perception avec un échantillon assez faible. Les études de régularité de la demande peuvent revêtir encore plus d'impact avec un plus grand nombre de jours de données couverts. Cependant il ressort déjà une certaine constance dans l'évolution temporelle de l'achalandage. D'autre part, même en l'absence de données GPS, une localisation satisfaisante des transactions a été entreprise. Même s'il reste une certaine incertitude due à une potentielle erreur de quelques arrêts, cette imputation donne déjà un portrait satisfaisant de l'activité sur le réseau. L'étape suivante dans l'étude du réseau sera de dépasser le stade de simples comptes, de «teinter» les données avec différents attributs et d'être capable de connaître le lieu de descente de des montants marqués par ces transactions. Ce sera le but de l'enquête à bord menée sur le réseau du CITL à l'automne 2008.

CHAPITRE 5 ENQUÊTE À BORD

5.1 Contexte

L'analyse des transports publics en lointaine banlieue est compliquée à plusieurs titres. Le manque de précision des enquêtes Origines-Destinations classiques métropolitaines en est une des raisons. Dans le cas de la Grande Région de Montréal, l'enquête quinquennale sur la mobilité des ménages se porte sur un échantillon d'environ 5%. Or la part modale du transport en commun en lointaine banlieue atteint à peine les 4.8% sur 24 heures (cf. Introduction). L'ordre de grandeur des échantillons nous montre que le nombre de déplacements en transport en commun enquêté est donc trop faible pour avoir une bonne précision lors des chargements sur les réseaux de simulation. Dans ce cas un moyen de récolter des données plus précises, ciblées sur la clientèle de transport en commun, est d'effectuer une enquête Origines-Destinations à bord des bus. C'est ce qui a été effectué par le CITL sur son réseau à l'automne 2008. Cette opportunité offre alors la possibilité d'explorer cet ensemble de données en vue de l'analyse et la planification des transports en commun en lointaine banlieue.

5.2 Mode Opérateur

5.2.1 Cadre temporel

L'enquête a pris place sur 4 semaines du 12 Novembre 2008 ou 4 Décembre 2008 totalisant 11 jours d'enquête. Le tableau 5.1 représente les journées enquêtées et les lignes enquêtées ces journées. On peut ainsi remarquer que seuls des Mardis, des Mercredis et des Jeudis ont été utilisés. Au final tous les départs qui ont lieu avant 15 heures ont été enquêtés. Ceci représente 528 départs sur les 928 offerts quotidiennement par le CITL. Deux enquêteurs prenaient place dans chacun de ces départs, ce qui totalise environ 620 heures-enquêteurs théoriques (d'après l'horaire planifié).

Tableau 5.1: Lignes de bus enquêtées par jour dans le cadre de l'Enquête à Bord CITL 2008. Source : documentation de l'enquête à bord, CITL 2010.

CIRCUITS ENQUÊTÉS SELON LA JOURNÉE, ENQUÊTE O-D CITL 2008			
Semaine	Jour	Circuits enquêtés	Lieu de rendez-vous
1	Mercredi 12 novembre	1, 2, 3 (voyages 3, 9 15 et 16) et 4	Gare de Saint-Jérôme
	Jeudi 13 novembre	3 (voyages 1 et 2, 4 à 8, 10 à 14), 5 et 7	Gare de Saint-Jérôme
2	Mardi 18 novembre	22, 23 et 27	Gare de Sainte-Thérèse
	Mercredi 19 novembre	21, 51, 52, 61 et 62	Gare de Sainte-Thérèse
		21-A, 50 et 60	Gare de Sainte-Thérèse
	Jeudi 20 novembre	12, 15, 17, 19 et 20	Gare de Rosemère
		10	Gare de Blainville
3	Mardi 25 novembre	80, 91 et 92	Terminus Saint-Eustache
	Mercredi 26 novembre	89, 90 et 93	Terminus Saint-Eustache
	Jeudi 27 novembre	11	Gare de Sainte-Thérèse
		24 et 28	Métro Cartier
4	Mardi 2 décembre	8 et 88	Terminus Saint-Eustache
	Mercredi 3 décembre	9 (voyages 1 à 6 ; 8 ; 12 ; 14 ; 15 ; 19 ; 21 ; 22 ; 24 ; 25 ; 26 ; 27 ; 29 ; 31 à 48 ; 50 ; 52 ; 54)	Gare de Saint-Jérôme
	Jeudi 4 décembre	9 (voyages 7 ; 9 ; 11 ; 13 ; 16 ; 17 ; 18 ; 20 ; 23 ; 28 ; 30)	Gare de Saint-Jérôme
Note : Pour chacun des circuits, les enquêtes s'effectuent entre le départ du premier voyage et le retour du dernier voyage dont l'heure de départ se situe avant 15h00.			

5.2.2 Questionnaires

Le mode d'enquête est dans ce cas la remise d'un questionnaire à chaque personne montant à bord du bus. Les questionnaires sont donc numérotés séquentiellement par ligne départ. La figure 5-1 illustre le principe de numérotation des questionnaires. Le but de cette numérotation est de potentiellement faire le lien entre la séquence des questionnaires et la séquence des données de

perception au sein d'un même départ sur la même ligne. La comparaison effective de ces séquences sera abordée ultérieurement en 5.4. Parallèlement l'un des deux enquêteurs relève l'arrêt de montée qu'il associe aux numéros de séquence des questionnaires qu'il vient de distribuer. En cas de refus de la part de l'utilisateur de prendre un questionnaire, les enquêteurs étaient censés garder le questionnaire refusé de côté afin de préserver la séquence. On verra aussi plus tard que cette opération n'a pas toujours été effectuée.

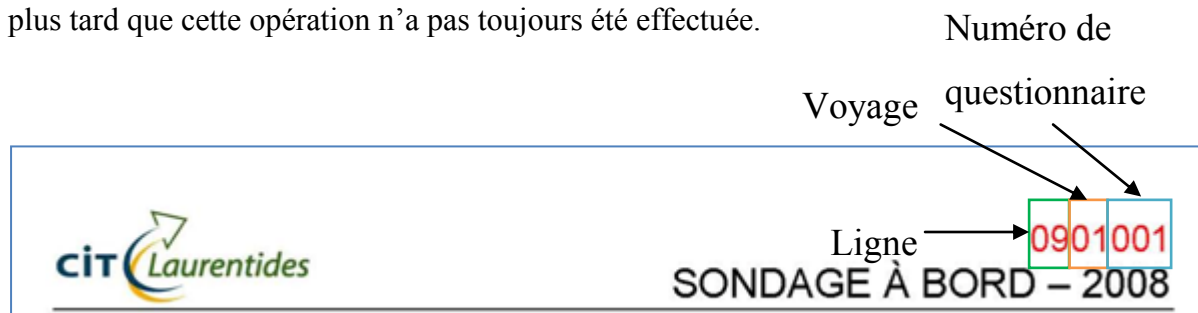


Figure 5-1 : Numérotation séquentielle des questionnaires de l'Enquête à Bord du CITL 2008.

Les usagers qui acceptent de répondre au sondage doivent alors répondre au questionnaire prévu à cet usage. Celui-ci s'inspire du type de questionnements qu'on retrouve classiquement dans les Enquêtes Origine-Destination téléphoniques montréalaises. Ces questionnements sont de 4 catégories. Ils portent sur la PERSONNE, le MÉNAGE, le DÉPLACEMENT et sur la SATISFACTION. Les trois premières catégories sont trois objets classiques des enquêtes sur la mobilité de la population. Cependant ici le ménage est uniquement enquêté dans sa dimension motorisation et contrairement à l'enquête métropolitaine seul le déplacement en train d'être effectué est enquêté et non tous ceux effectués par cette personne pendant la journée. La figure 2 reprend le questionnaire distribué lors de l'enquête.

INFORMATIONS GÉNÉRALES			
1. J'habite à : _____		_____	
Municipalité		Code postal	Adresse ou intersection la plus près
2. Âge : _____ ans			
3. Sexe : <input type="radio"/> Homme <input type="radio"/> Femme			
4. Statut : <input type="radio"/> Travailleur <input type="radio"/> Étudiant <input type="radio"/> Autre			
5. Je me déplace présentement pour le motif suivant :			
<input type="radio"/> Travail <input type="radio"/> Étude <input type="radio"/> Loisir <input type="radio"/> Magasinage <input type="radio"/> Retour à domicile <input type="radio"/> Autre			
6. J'ai payé mon passage avec :			
Zone Nord		Comptant	Billet
Zone Ouest			Carte mensuelle
Passe-partout			
TRAM zone 5			
TRAM zone 6			
TRAM zone 7			
TRAM zone 8			
7. Possédez-vous une voiture ? <input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non			
8. Combien de voiture(s) possède votre ménage ? _____			
9. Je suis parti(e) à _____ h _____ min			
AM		DU LIEU	Domicile
PM		Autre lieu, spécifiez :	
10. Ma destination est :		Origine	
<input type="radio"/> Domicile		Édifice, route, adresse ou intersection la plus près	
<input type="radio"/> Autre lieu, spécifiez :		Municipalité	
		Destination	
		Édifice, route, adresse ou intersection la plus près	
		Municipalité	
11. JE VOYAGE PRÉSENTEMENT SUR LA LIGNE D'AUTOBUS NUMÉRO :			
12. AVANT d'emprunter cet autobus, j'ai utilisé :			
(cochez plus d'une case si nécessaire)			
<input type="radio"/> Auto (conducteur) <input type="radio"/> Auto (passager)			
<input type="radio"/> Marche <input type="radio"/> Vélo <input type="radio"/> Taxi			
<input type="radio"/> Autobus, métro, train ou taxi collectif, spécifiez :			
13. APRÈS être descendu de cet autobus, j'utiliserai :			
(cochez plus d'une case si nécessaire)			
<input type="radio"/> Auto (conducteur) <input type="radio"/> Auto (passager)			
<input type="radio"/> Marche <input type="radio"/> Vélo <input type="radio"/> Taxi			
<input type="radio"/> Autobus, métro, train ou taxi collectif, spécifiez :			
14. Si l'auto est utilisée (conducteur ou passager), où s'effectue la correspondance avec le transport en commun ?			
Gare, stationnement incitatif, station de métro, intersection, autre...			
15. Je prévois effectuer aujourd'hui le MÊME déplacement en sens inverse :			
<input type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non si oui, à quelle heure ? _____ h _____ min <input type="radio"/> AM <input type="radio"/> PM			
16. Veuillez encadrer le chiffre correspondant à votre niveau de satisfaction pour chacun des points suivants :			
Très insatisfait → Très satisfait			
Satisfaction			
Trajet des lignes d'autobus			
Ponctualité des autobus			
Confort à bord des autobus			
Nombre d'abribus			
Service téléphonique			
Service d'autobus en général			
Vos commentaires :			

Figure 5-2 : Questionnaire et catégorisation des renseignements obtenus lors de l'enquête à bord du CITL en 2008.

Après collection des questionnaires, ils sont alors compilés et codifiés sous forme d'une base de données grâce à l'outil MADQUOI? du groupe MADITUC. Cet outil comporte, outre des outils interactifs de collecte de données d'enquêtes, des procédures de validation des données. Elle suit autant que faire se peut le format typique des enquêtes téléphoniques classiques afin de pouvoir profiter au maximum des outils déjà développés pour le traitement de ce type de données. Après collecte, on dispose d'environ 5400 questionnaires renseignés. Une étude des transactions GFI réalisées sur les mêmes jours exactement permet d'estimer un taux de réponse de 60% environ. La partie suivante fait état de cette base de données en la caractérisant et en l'enrichissant.

5.3 Une base de déplacements

5.3.1 Principaux concepts

Chaque enregistrement représente un DÉPLACEMENT. Ceux-ci sont de deux types : les déplacements enquêtés par les questionnaires et les déplacements en sens inverse supposés (question 15 du questionnaire). Face à l'incertitude de cette deuxième catégorie, on a écarté ce type de déplacement dans les traitements suivants. Alors, un DÉPLACEMENT correspond à une PERSONNE et à un QUESTIONNAIRE. Cependant de façon globale l'ensemble des questionnaires ne correspond pas exactement à la clientèle du CITL (l'ensemble des personnes) ni à l'ensemble des déplacements faits sur son réseau, car le fait d'enquêter tous les départs peut induire des comptages multiples d'une même personne et du même déplacement. C'est pourquoi on fera appel à l'objet RÉPONDANT qui est l'adaptation de la PERSONNE à cette situation. Cette distinction étant faite on peut résumer dans la figure 5-3 les principaux objets et attributs traités par l'Enquête à bord.

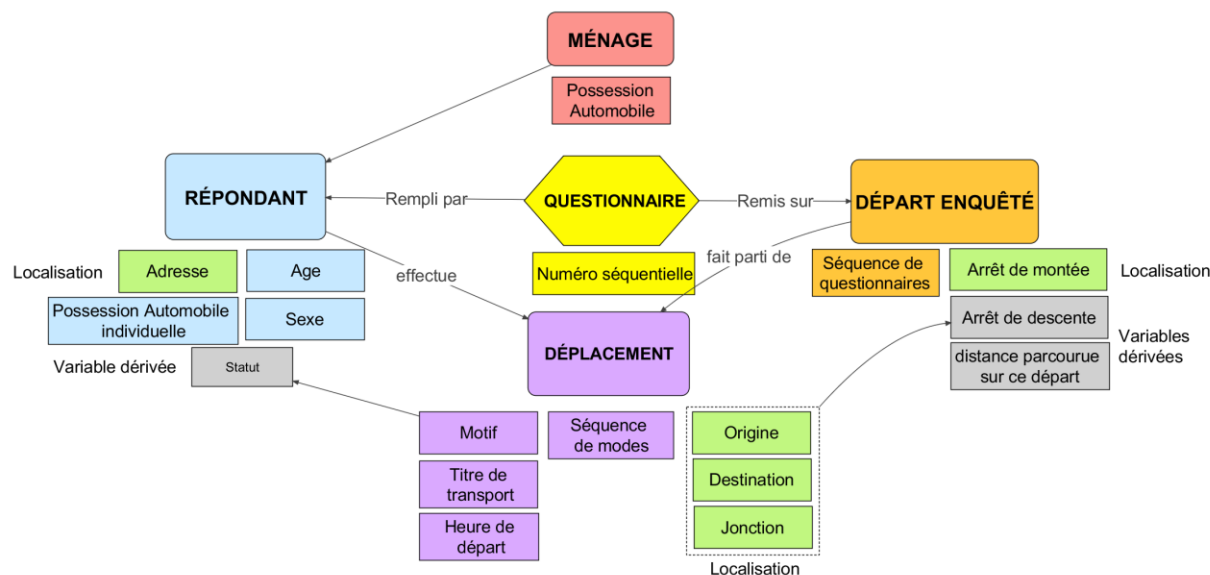


Figure 5-3 : Principaux objets et attributs de l'enquête à bord CITL 2008

Une autre différence notable entre l'enquête téléphonique et l'enquête à bord est la définition du DÉPART ENQUÊTÉ. C'est une partie du déplacement effectué par le répondant, mais dont la connaissance informationnelle est plus grande que pour le reste de l'itinéraire de déplacement. Il y a alors aussi la possibilité de recoupement entre les deux sources d'information que sont le déplacement tel qu'annoncé par le répondant et le fragment de l'itinéraire de déplacement tel que mesuré par des enquêteurs. Le départ enquêté est aussi le lien vers une autre source d'information que sont les données de perception. On reviendra sur ce lien ultérieurement.

5.3.2 Expansion des données

Le fichier de base de données obtenu dans le cadre de ce travail possédait déjà une expansion réalisée par le CITL en collaboration avec le groupe MADITUC. Cependant il peut être intéressant d'en parler plus en détail afin de montrer l'interaction entre les différentes bases de données et d'expliquer certains traitements ultérieurs.

Lors d'une enquête probabiliste, c'est-à-dire basé sur un échantillon d'une population d'intérêt, les éléments de l'échantillon possèdent une probabilité d'être sélectionné dans la population de référence. Cette probabilité tient évidemment compte du plan d'échantillonnage, comme la stratification de la population par exemple. Le poids d'un élément est alors l'inverse de la probabilité d'être sélectionné dans l'échantillon, poids qui peut être modifié en fonction des non-

réponses totales. Ainsi par exemple dans l'enquête Origines-Destinations téléphonique montréalaise, l'échantillon est de 5% des ménages. Dans ce cas la population de référence est l'ensemble des ménages et des personnes résidents sur le territoire d'enquête, dont on connaît les distributions spatiales et sociodémographiques à un niveau fin grâce au recensement canadien. La pondération des éléments d'enquête se base donc sur cette population de référence.

Dans le cas de l'enquête à bord menée en 2008 sur le réseau du CITL, l'échantillon est de 100% des montants à priori. A posteriori on obtient environ 60% de cet ensemble. La nécessité d'une pondération vient donc uniquement du fait de non réponses totales. Mais, contrairement à l'enquête Origines-Destinations traditionnelle, on ne connaît pas la structure spatiale ou sociodémographique fine de la clientèle du réseau dont on pourrait dériver celle des montants. En effet, c'est par ce manque de précision des autres sources de données qu'il a été décidé de mettre sur pieds cette enquête. Cependant la population des montants est connu dans son aspect « de masse » par les données de perception, où chaque montant va créer une donnée unique de transaction. La stratification se fait alors par les voyages enquêtés. Le facteur d'expansion de chaque enregistrement va donc être le ratio entre le nombre de feuillets récupérés par départ et le nombre de transactions enregistrées sur ce départ. S'il advenait que le nombre de feuillets soit supérieur au nombre de transactions GFI, le nombre de feuillets primait pour exprimer le nombre de montants. En effet la présence de ces questionnaires montre qu'il y a au moins autant d'usagers qui ont emprunté ce bus.

Le facteur d'expansion est alors, outre un moyen de rendre significative les données, un indicateur de la performance des enquêteurs et/ou de la réticence des enquêtés en étant l'inverse du taux de réponse par départ enquêté. Le tableau représente ainsi le facteur d'expansion moyen et le taux d'échantillonnage par circuit.

Tableau 5.2 : Facteur d'expansion et taux d'échantillonnage de l'enquête à bord du CITL de 2008 par circuit

Secteur	Circuit	Facteur d'expansion moyen	Taux d'échantillonnage
Nord	1	1.64	61%
	2	1.72	58%
	3	2.18	46%
	4	2.61	38%
	5	1.52	66%
	7	2.07	48%
Centre	8	1.56	64%
	9	1.78	56%
	10	1.32	76%
	11	1.72	58%
	12	1.40	72%
	15	1.73	58%
	17	1.27	79%
	19	1.39	72%
	20	1.25	80%
	21	1.44	69%
	22	1.67	60%
	23	1.69	59%
	24	1.32	76%
	27	1.36	74%
	28	1.35	74%
	50	1.09	92%
	51	1.57	64%
	52	2.19	46%
	60	1.73	58%
	61	1.26	80%
	62	1.52	66%
Ouest	80	1.86	54%
	88	1.44	69%
	89	1.85	54%
	90	1.61	62%
	91	1.29	78%
	92	1.26	79%
	93	1.21	82%
	TOTAL	1.66	60%

5.3.3 Erreurs

Outre quelques erreurs évidentes faciles à corriger comme la mauvaise codification du mode bus STM, un certain nombre d'erreurs plus fondamentales sont ressorties lors de l'imputation de l'arrêt de descente. Cette imputation se fait selon l'arrêt de correspondance le plus probable ou l'arrêt de descente le plus proche de la destination (voir le chapitre 6). Ces erreurs sont de différents types :

- Mauvais relevé de l'arrêt de montée par l'enquêteur : ceci se traduit en général par une distance entre l'origine du déplacement et l'arrêt de montée très grande et l'arrêt de montée est très souvent un terminus. La solution est d'imputer l'arrêt de montée à nouveau comme le plus proche de l'origine. Il se peut aussi que ceci soit dû à un oubli dans la chaîne de mode. Au total ceci correspond à 145 feuillets.
- L'utilisateur réalise un «demi-tour». Comme les parcours sont desservis par des bus qui enchainent les deux directions d'une ligne, les usagers qui résident proche du terminus empruntent le bus dans la mauvaise direction puis attendent au terminus pour repartir dans l'autre direction. Le déplacement déclaré sur la mauvaise direction sera en contradiction avec la direction de la ligne. Ceci concerne 40 questionnaires, essentiellement sur les lignes 23 et 80. Le franchissement de terminus est généralement interdit dans les simulations en milieu urbain.
- L'utilisateur renseigne son voyage Aller alors qu'il effectue son déplacement retour. Ceci se voit essentiellement par l'heure du déplacement comparée à l'heure du voyage enquêté. Ceci concerne 60 questionnaires. Cette erreur est corrigée en considérant le domicile déclaré comme la destination. On fait donc l'hypothèse que le déplacement enquêté est un retour à domicile.

Après ces différents traitements, il reste tout de même 70 feuillets dont l'imputation de l'arrêt de descente donne des informations incohérentes (distance parcourue sur la ligne égale à zéro). On vérifie qu'il n'y a pas de concentration d'erreurs dans certains circuits et on négligera ces 70 feuillets pour le chargement des déplacements.

5.4 Comparaison des séquences de titres entre GFI et l'enquête à bord

5.4.1 Principe de la méthode

Comme on l'a vu précédemment une transaction GFI ou un questionnaire d'enquête représente une personne qui monte à bord d'un bus. D'après les consignes de distribution des feuillets et comme ceux-ci sont censés être renseignés du titre de transport utilisé, on devrait retrouver les mêmes séquences de titres pour ces départs pour chacun des ensembles de données. La figure 5-4 reprend le principe de coïncidence entre les deux bases de données lors de la production même des données d'enquête et de transaction. Sur la figure on retrouve en BLEU l'univers des données GFI, en VERT celui de l'ENQUÊTE À BORD et en ROUGE les éléments de l'univers PHYSIQUE qu'on veut lier, à savoir l'espace, le temps, la demande (achalandage) et l'offre (réseau). La confrontation de ces deux bases pourrait permettre la mesure du lien entre le temps et l'arrêt de montée. On pourrait alors reconstruire à partir des départs enquêtés une journée GFI « parfaite » qui prendrait en compte les variations autour de l'horaire planifiée. On disposerait pour cette journée de la spatialisation mesurée, ou interpolée pour les transactions célibataires. De l'autre côté on pourrait imaginer la possibilité d'une validation des données d'enquête et une autre façon de pondérer les données (à l'arrêt par exemple).

5.4.2 Ensembles concordants

Les données GFI dont on dispose couvrent la période du 10 au 13 novembre 2008. Au vue de l'emploi du temps de l'enquête (tableau 5.1), on en déduit un sous-ensemble de départs qui ont été enregistrés par les deux méthodes. Il s'agit des voyages 1 à 16 sur les lignes 1 à 5 et 7, enquêtées entre le mercredi 12 novembre 2008 et le jeudi 13 novembre 2008. On se retrouve avec au final :

- 6 lignes
- 96 départs
- 1461 enregistrements de transaction
- 715 questionnaires renseignés

Cependant en comptant les questionnaires distribués mais non remplis (et donc absent de la base de données en tant que tel) dont on repère l'existence par la présence de «vides» dans la séquence des numéros de feuillets, on suppose qu'il a été distribué 1076 questionnaires, ce qui reste nettement inférieur au nombre de données GFI.

5.4.3 Classification des titres

Dans la suite du développement, on appellera «titre» un titre de transport, c'est-à-dire le mode de paiement pour le déplacement effectué à bord d'un bus. La classification des titres établie pour la codification de l'enquête à bord a été reprise et agrandie pour prendre en comptes les nouveaux cas propres aux données de transaction. Le détail est donné dans le tableau 5.3.

Tableau 5.3 : Liste des titres utilisés lors de la codification de l'enquête à bord du CITL en 2008 et nombre d'occurrences dans chaque sous-ensemble concordant de données

Code	Titre utilisé	Commentaires	Nombre GFI	Nombre ENQ_AB	Nombre après correction
1	Zone Nord - Comptant		320	191	184
2	Zone Nord - Billet		163	64	53
3	Zone Nord - Carte mensuelle		554	223	253
4	Zone Ouest - Comptant			19	
5	Zone Ouest - Billet			6	
6	Zone Ouest - Carte mensuelle			30	
7	Passe-partout - Comptant		13	22	17
8	Passe-partout - Billet		4	11	7
9	Passe-partout - Carte mensuelle		84	62	62
10	TRAM zone 5			7	
11	TRAM zone 6			2	
12	TRAM zone 7		30	32	35
13	TRAM zone 8		20	12	18
14	NSP / Refus	ENQ_AB uniquement		25	25
15	Vidange	GFI uniquement	45		
16	Gratuit	GFI uniquement	23		
17	Incomplet	GFI uniquement	1		
18	Correspondance	GFI uniquement	204		61

Les enregistrements rosés sont ceux qui présentent une erreur manifeste puisqu'ils correspondent à des titres de transport non autorisés pour les déplacements sur lesquels ils ont été utilisés. En

effet les lignes 1 à 7 se trouvant sur le réseau Nord, les titres Ouest ne peuvent être utilisés. Cependant ils correspondent à la même tarification que les titres Nord et leur sont réattribués. De même les TRAM 5 et 6 ne peuvent être acceptées car la zone couverte par les départs enquêtés est partagée entre les zones métropolitaines 7 et 8. On réattribue donc les titres TRAM 5 et 6 aux titres TRAM 7 et 8 en fonction de la zone de tarif maximal emprunté lors du déplacement.

D'autre part, face au nombre important de titres de type Correspondance présentés aux chauffeurs, on essaye de recréer cette catégorie parmi les titres Comptant et Billets dans les données d'enquête à bord. Ainsi toute déclaration de titre Comptant ou Billet dont le répondant affirme avoir emprunté une autre ligne du CITL avant celle enquêtée sera considérée comme Correspondance.

Quant aux titres propres aux GFI, les Vidanges et Incomplètes seront traités ultérieurement comme des transactions Comptant même si on ne sait pas si elles sont Nord ou Passe-partout. Les transactions Gratuites n'étant pas enquêtées, il s'agit en effet des moins de 4 ans, elles ne peuvent au mieux que donner des questionnaires manquant.

5.4.4 Analyse et évaluation de la concordance des séquences pour un sous-ensemble de départs enquêtés

Dans un premier temps l'évaluation visuelle directe des séquences de titres permet un aperçu rapide et déjà assez parlant de leur correspondance. La figure 5 représente ce face à face pour la ligne 1. Les ressemblances et les dissonances commencent à ressortir grâce à la coloration conditionnelle selon le type de titre (numéro correspondant au code dans le tableau 5.3).

ligne	1
Voyage	Séquence
GFI	1 12 12 1 1 1 12
ENQ_AB	1 9 3 1 1 1 12
GFI	2 12 1 12 12 3
ENQ_AB	2 12 1 12 0 7
GFI	3 3 3 2 3 3 3 12 12 3 2 3 1 15 12 3 3
ENQ_AB	3 3 3 0 10 7 3 3 12 12 1 3 12 2 3 3
GFI	4 9 18 18 1 3 3 3 2 3 1 1 3
ENQ_AB	4 1 9 0 3 3 2 1 1 3
GFI	5 3 2 2 3 2 1
ENQ_AB	5 2 2 1 1 3 0 3 0 0 3
GFI	6 18 18 18 3 3 3 3 3 18 3 2 3 3 9 1 3 3 3 3 3 3 9 1 3 1 3 3 3 1 1 3 3 3 2 3 1 1 16 1 2 3 3 3 3
ENQ_AB	6 0 0 0 0 3 0 0 0 1 0 1 3 3 1 3 3 1 3 1 3 3 3
GFI	7 3 3 1
ENQ_AB	7 1
GFI	8 1 1 3 1 1 3 1 3 2
ENQ_AB	8 1 0 3 1 0 0 0 3 2
GFI	9 18 3 3 1 3 1 15 1 1 3 1 15
ENQ_AB	9 1 3 1 3 1
GFI	10 18 2 15 3 2
ENQ_AB	10 2 1 2
GFI	11 1 1 1 1
ENQ_AB	11 1 1 1 1
GFI	12 18 18 3 2 3 7 1 3 15 1 1 3 3 3
ENQ_AB	12 1 3 3 14 9 1 1 3 3
GFI	13 3 18 18 18 9 2 2
ENQ_AB	13 3 1 1 9 0 2
GFI	14 3 3 18 2 3 3 1 3
ENQ_AB	14 3 1 2 7 14 14 3 3 2 3
GFI	15 3 3 18 3 1 1 1 1 1 3 2 3
ENQ_AB	15 3 3 2 1 1 1
GFI	16 18 12 13 12 3 3 18 12 1 7 1 3 1 3 3
ENQ_AB	16 0 3 12 9 12 0 3 1 1 1 3 0 3

Figure 5-5 : Comparaison des séquences de titres entre les données GFI et les données d'enquête à bord pour la ligne 1

Dans cet exemple, on peut remarquer l'exemple du voyage 11 qui offre une correspondance parfaite, celui du voyage 8 qui montre une bonne utilisation des questionnaires manquants marqués par «0» et ceux des voyages 4, 6 et 9 qui présentent des fragments visuellement ressemblants mais décalés. Ceci nous permet de développer quatre indicateurs quantifiant le degré de ressemblance des séquences. Si on note pour chaque voyage :

- $(R_i)_{1 \leq i \leq N}$ la séquence des titres de l'enquête à bord, pour ce voyage, de longueur N
- $(T_i)_{1 \leq i \leq K}$ la séquence des titres GFI, pour ce voyage, de longueur K
- A l'achalandage théorique du voyage, $A = \max(N, K)$
- Re le nombre de réponses exprimées pour ce voyage

Alors les quatre indices sont :

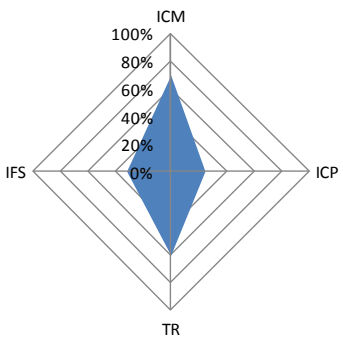
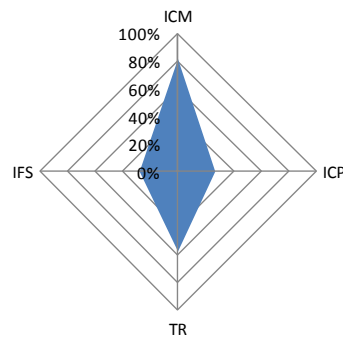
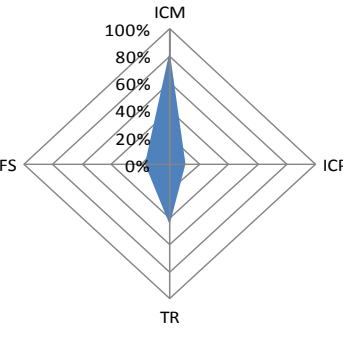
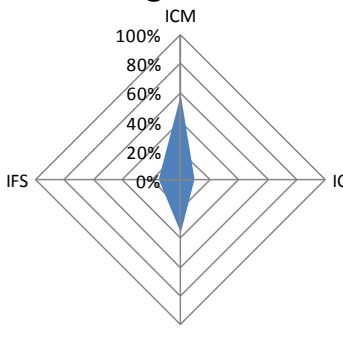
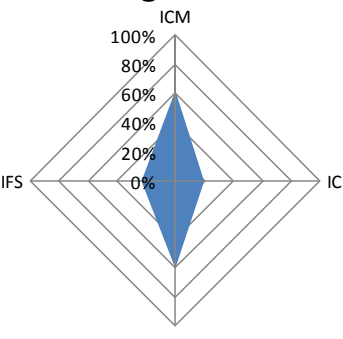
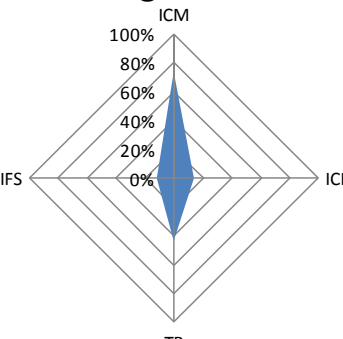
- $ICM = \frac{\min(N, K)}{A}$, l'indice de correspondance de masse. Il quantifie l'adéquation entre les deux longueurs des séquences, c'est-à-dire à quel point l'achalandage réel est rendu.

- $TR = \frac{Re}{A}$ est le taux de réponse. Indice classique qui sanctionne le taux de récupération des données.
- $ICP = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^{\min(N,K)} \delta_{R_i T_i}$ où la notation δ renvoie au symbole de Kronecker est l'indice de correspondance parfaite. L'indice vaut 1 si les deux séquences sont exactement identiques. On y compare les titres pour une même position dans leur séquence respective.
- IFS , l'indice de comparaison par fragments de séquence. Contrairement à l'indice de correspondance parfaite, celui-ci va chercher des similitudes situées à des endroits différents dans les deux séquences à comparer. Pour donner du poids à ce déplacement on ne considère que des « fragments de séquence », c'est-à-dire une suite d'au moins deux titres successifs. Ceci est très similaire à rechercher des codons décalés dans une séquence de nucléotides en biologie. Si le fragment de séquence de l'enquête à bord se retrouve ailleurs dans la séquence GFI, on ajoute sa longueur. Le tout est normalisé par l'achalandage. Il peut donc valoir 1 sans que la correspondance soit parfaite. Il donne une indication quand à la difficulté de retrouver la correspondance réelle entre les titres.

On applique ces indices aux 96 départs et on résume dans le tableau 5.4 les indices moyens par ligne. La moyenne est pondérée par l'achalandage de chaque départ. Ceci permet de comparer les performances par ligne. On remarque que pour nos 6 lignes :

- l'ICM s'échelonne en moyenne entre 60% et 80% ce qui nous montre que pour la mesure du nombre de montants il a une différence de 20 à 40% entre les deux méthodes
- le taux de réponse est inférieur à 60%. Il manque ainsi 40% de l'information sur les titres dans l'enquête à bord (ou parfois dans les données de perception).
- l'ICP et l'IFS ne dépassent pas 30% ce qui montre que l'association directe n'a que très peu de poids. Une imputation des liens les plus probables est nécessaire et semble difficile, car ces différences ne sont pas dues qu'à des décalages.
- La ligne 4 la plus achalandée présente des moins bons indices. Au contraire les lignes 1 et 2 présentent les deux meilleurs ensembles d'indices. Elles sont pourtant plus achalandées que les lignes 5 et 7, mais enquêtées un autre jour.

Tableau 5.4 : Indices quantifiant la ressemblance séquence à séquence pour les titres de transport des 6 lignes du sous-ensemble coïncidant entre les données de perception et les données d'enquête à bord du CITL 2008.

<p>Ligne1</p> 		<p>Ligne2</p> 		<p>Ligne3</p> 	
ICM=70%	ICP=24%	ICM=81%	ICP=27%	ICM=84%	ICP=11%
TR=61%	IFS=31%	TR=58%	IFS=28%	TR=45%	IFS=17%
<p>Ligne4</p> 		<p>Ligne5</p> 		<p>Ligne7</p> 	
ICM=58%	ICP=9%	ICM=62%	ICP=20%	ICM=74%	ICP=14%
TR=37%	IFS=15%	TR=60%	IFS=23%	TR=44%	IFS=12%

On peut aussi imaginer que l'achalandage joue un rôle négatif sur le degré de correspondance des séquences. Dans la précipitation, l'enquête est plus difficile à réaliser, tout comme la validation des touches par le chauffeur. De façon purement probabiliste, plus il y a d'enregistrements plus la probabilité qu'il y ait des erreurs augmente, mais au contraire le poids de chaque erreur diminue.

La relation est donc vraisemblablement plus complexe. C'est ce que tend à montrer la figure 5-6 qui représente les 4 indices en fonction de l'achalandage des 96 départs.

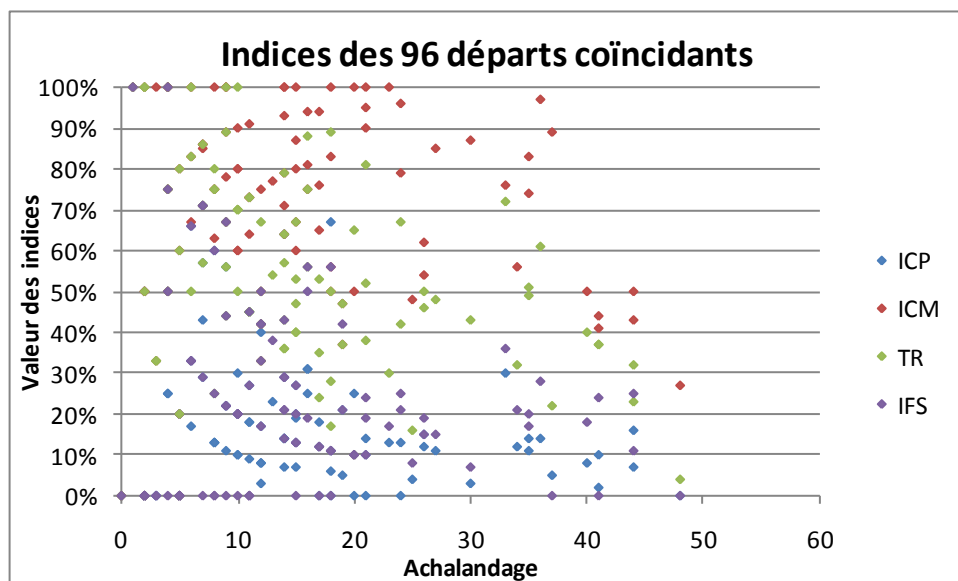


Figure 5-6 : Influence de l'achalandage sur les indices quantifiant la correspondance entre les séquences de titre de transport obtenues à partir des données de perception et d'enquête à bord.

La relation semble complexe même si pour un achalandage inférieur à 20 montants des structures ressortent, structures difficiles à expliquer. De manière générale toutefois, il semblerait que l'augmentation de l'achalandage aurait tendance à faire baisser l'ICP et l'IFS, alors que l'ICM et le TR aurait d'abord tendance à augmenter jusqu'à un achalandage de 20 puis à diminuer.

Cette étude montre toute la difficulté de l'association questionnaire-transaction par l'analyse seule des séquences. Les sources d'erreurs dans la retranscription des séquences sont en effet multiples : refus des usagers, non respect de la consigne d'un questionnaire par montant, exactitude de la réponse de l'utilisateur, exactitude de la touche validée par le chauffeur, personnes autorisées à monter sans valider de titre, personne qui recommence son questionnaire sur un autre plus loin dans la séquence,... En outre l'achalandage a tendance à jouer un rôle négatif sur le degré de correspondance entre les deux représentations, ce qui risque de compliquer les choses pour des lignes beaucoup plus fréquentées comme la ligne 9 ou 88. Dans de futures considérations il pourrait être intéressant de créer une procédure qui pourrait imputer les

correspondances les plus probables afin de pouvoir améliorer la concordance et constituer une journée GFI de référence.

De part le mode opératoire de l'enquête à bord et son expansion sur les données de perception, l'enquête représente avant tout les montants du réseau. Elle se distingue par ce point de l'enquête Origine-Destination téléphonique Montréalaise dont elle s'inspire pourtant. De même, l'itinéraire de déplacement complet ne peut être conservé lors d'un chargement sur le réseau, car seul le tronçon enquêté possède la bonne expansion. Cependant elle permet de donner une bonne idée de la caractérisation de la clientèle du transport en commun qu'elle vise et des déplacements effectués et on l'utilisera pour donner le portrait de l'usage du transport en commun en l'état. Il peut paraître aussi regrettable de ne pas pouvoir facilement croiser ces résultats avec les données de perception, l'univers de référence dans ce cas, les deux bases de données pouvant profiter grandement de cette confrontation.

CHAPITRE 6 PORTRAIT DE LA DEMANDE DE TRANSPORT EN COMMUN

L'analyse de la demande telle qu'exprimée face à un réseau d'offre, en vue de planification et de gestion du réseau, répond à certains questionnements généraux ou spécifiques à l'environnement d'étude qui est la lointaine banlieue. En tant qu'autorité organisatrice, l'un des premiers questionnements porte sur les usagers du système actuel. Ceci répond à la question du « QUI ? ». Ensuite, se pose la question de la localisation des principaux générateurs d'origines et/ou de destinations, de la répartition de la clientèle sur le territoire et du lien qui se crée entre ces lieux et le réseau, lien qu'on traite sous la dénomination d'accès. Ceci répond à la question du « OÙ ? ». Enfin, il est capital de connaître la façon dont les usagers se déplacent au sein du réseau et comment les ressources mises à disposition sont consommées par l'étude des profils de charges. En outre, le financement étant assuré par différentes entités géopolitiques, cette question possède un enjeu tout particulier. Ceci répond à question du « COMMENT ? ». La question du « QUAND ? », c'est-à-dire la variabilité temporelle de la demande, a été traité dans le chapitre sur les données GFI. Cette analyse profitera donc pleinement des possibilités offertes par l'enquête à bord et montrera la potentialité de ce type de donnée.

On rappellera, comme c'est mentionné dans le chapitre sur l'Enquête à bord, qu'en réalité, nous avons ici plus une caractérisation des montants de l'enquête (qui a considéré les départs de 5h à 15h) que des usagers en tant que tel. Cependant il reste raisonnable de faire l'hypothèse que ces deux ensembles sont très similaires et que les conclusions faites pour l'un restent valables pour l'autre, avec vraisemblablement une petite variation des résultats numériques.

6.1 Caractérisation sociodémographique de la clientèle du Transport en Commun en lointaine banlieue

Dans un chapitre précédent sur l'analyse de la population et de la mobilité dans la Couronne Nord, des visualisations sous forme de courbes démographiques segmentées de façon absolues et relatives avaient été utilisées pour caractériser la population totale de ce territoire. Ce traitement avait été réalisé à partir de l'Enquête Origine-Destination montréalaise de 2008. Or on a évoqué plusieurs fois déjà, l'incertitude portée par cette Enquête si on se limite à la clientèle du transport

en commun. C'est pourquoi on reprend le même type d'analyses, en se limitant aux usagers du transport en commun et en utilisant les données de l'enquête à bord.

La figure 6-1 présente la courbe démographique des répondants avec facteur d'expansion pour l'enquête au complet. La forme de la courbe est très différente de ce qu'on peut trouver en proche banlieue (Laval) ou proche du Centre-ville (CUM Centre), puisque dans le cas de la lointaine banlieue deux cohortes ressortent largement du reste des usagers : celle des 15-19 ans et celle des 20-24 ans. À elles seules, ces deux cohortes représentent plus de 60% des répondants. On retrouve bien ce qui a été anticipé d'après l'enquête Origine-Destination métropolitaine de 2008. Il est toutefois important de préciser qu'on retrouve ici les usagers du bus en lointaine banlieue. Même si une partie d'entre eux va correspondre avec le train (11%), la majorité de la clientèle du train (train pur ou bimodal auto-train) est ne ressort pas par cette enquête.

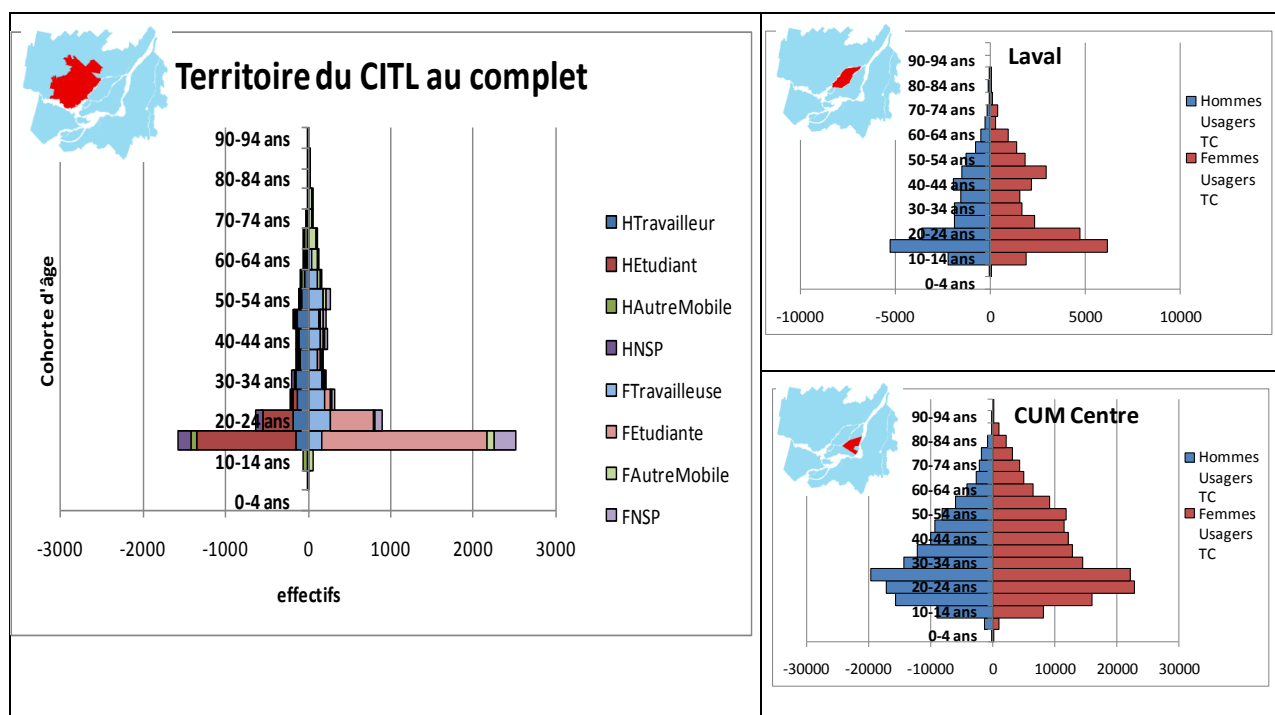


Figure 6-1 : Courbe démographique des montants sur le réseau du CITL, segmentée par le statut dérivé du motif, d'après l'enquête Origine-Destination à bord de l'automne 2008 et comparée aux courbes démographiques des usagers du transport en commun de Laval et de la CUM Centre (Enquête OD montréalaise de 2008).

Quant au statut, la répartition au sein de chaque cohorte varie peu du reste de la population si ce n'est une nette sous représentation des Autres Mobiles. Celle-ci est d'ailleurs particulièrement

marquée chez les hommes de 15 à 50 ans, comme le montre la figure 6-2. Cependant si l'on regarde l'ensemble des répondants, la part des étudiants est considérablement plus forte qu'elle ne l'est dans le reste de la population, même ramenée uniquement aux mobiles (50% contre moins de 30%).

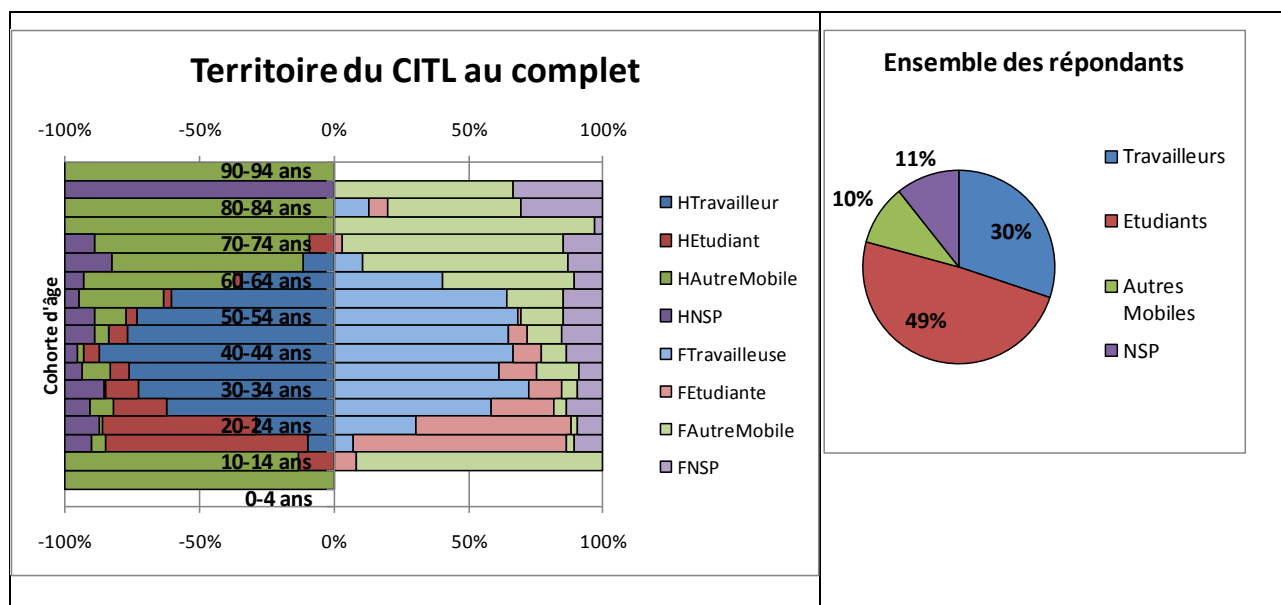


Figure 6-2 : Répartition de chaque cohorte et de l'ensemble des répondants par statut d'après l'Enquête à bord réalisée par le CITL en 2008.

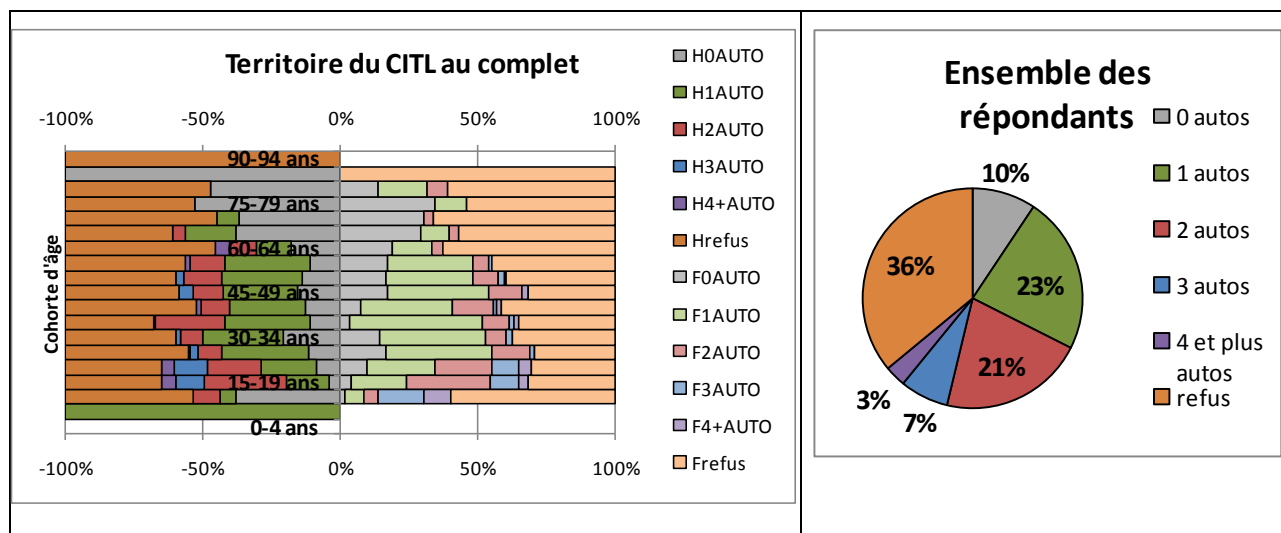


Figure 6-3 : Répartition des cohortes d'âges des répondants à l'enquête selon la motorisation du ménage d'après l'enquête à bord menée par le CITL en 2008.

L'analyse de la motorisation des répondants est rendue complexe par le fort taux de non réponse à cette question. Cependant la figure 6-3 permet de tirer quelques tendances :

- Au moins 10% des répondants ne possèdent pas d'automobile dans leur logis, ce qui est un taux plus important que pour la population résidente (4%). De manière globale la motorisation est moindre que celle de la population résidente, malgré l'incertitude due aux non-réponses.
- Il semblerait que chez les seniors empruntant le transport en commun ce soient en grande majorité ceux qui n'ont pas accès à une automobile. Cependant il faut être conscient que la très faible taille de l'échantillon pour ces cohortes ne permet pas de tirer de conclusions fermes et chiffrées.
- Chez les 25-59 ans, environ 50% des répondants possèdent une seule voiture ou moins. La population résidente de ces âges possède à moins de 25% une seule voiture ou moins. Pour la population active de ce territoire, l'utilisation du transport en commun correspond donc en partie à une alternative à l'achat d'une voiture supplémentaire. Cependant peu de ménages font ce choix.
- Les catégories les plus motorisées sont les 15-24 ans qui sont aussi les plus gros utilisateurs de transport en commun. Cependant c'est aussi une population qui voit ses choix de mobilité contraints car elle réside encore souvent chez ses parents.

Cette analyse des répondants, qui est en fait une caractérisation des montants de part le facteur d'expansion, permet de donner des éléments de réponses et des tendances fortes sur la clientèle, même si les résultats numériques peuvent être légèrement différents. Tout d'abord cette clientèle est majoritairement constituée d'étudiants qui ont entre 15 et 24 ans. Elle est légèrement moins motorisée que la population résidente, ce qui marque que l'utilisation du transport en commun est dans une certaine mesure due à une absence d'alternative (absence de véhicule ou interdiction de l'utiliser). Le peu d'Autres Mobiles montre que le transport en commun est peu utilisés pour les déplacements de type loisir ou magasinage, tout du moins avant 15h.

6.2 Analyse des lieux : Résidences, Générateurs

L'existence même d'un système de transport provient de la dissociation des lieux de résidences et des lieux d'activité. L'étude de ces localisations est donc capitale en vue d'une analyse ou d'une planification d'un réseau. L'enquête Origine-Destination à bord offre ainsi l'opportunité d'étudier la distribution spatiale des lieux de résidence, d'origine et de destination des répondants (et ainsi des usagers). Une segmentation par statut des résidents permet de connaître les bassins de clientèle, alors qu'une segmentation des destinations par motif de déplacement permet de caractériser les grands ensembles attracteurs de déplacement par le biais de leur fonction dans le système d'activité.

Pour cela des grilles de cellules de taille 100m×100m sont utilisées dans ArcMap. La densité de points (Résidence, Origine ou Destination) est calculée dans un voisinage rectangulaire de 500m autour de la cellule et la valeur ainsi calculée est réattribuée à la cellule de 100m de côté. Ceci permet d'adoucir les variations de densité d'un groupement de cellule à l'autre. Le calcul de cette densité prend en compte le facteur d'expansion. On considère l'ensemble des données de l'enquête à bord.

6.2.1 Lieux de Résidences

Dans ce cadre, la figure 6-4 représente les densités de résidences des répondants par statut dérivé des répondants.

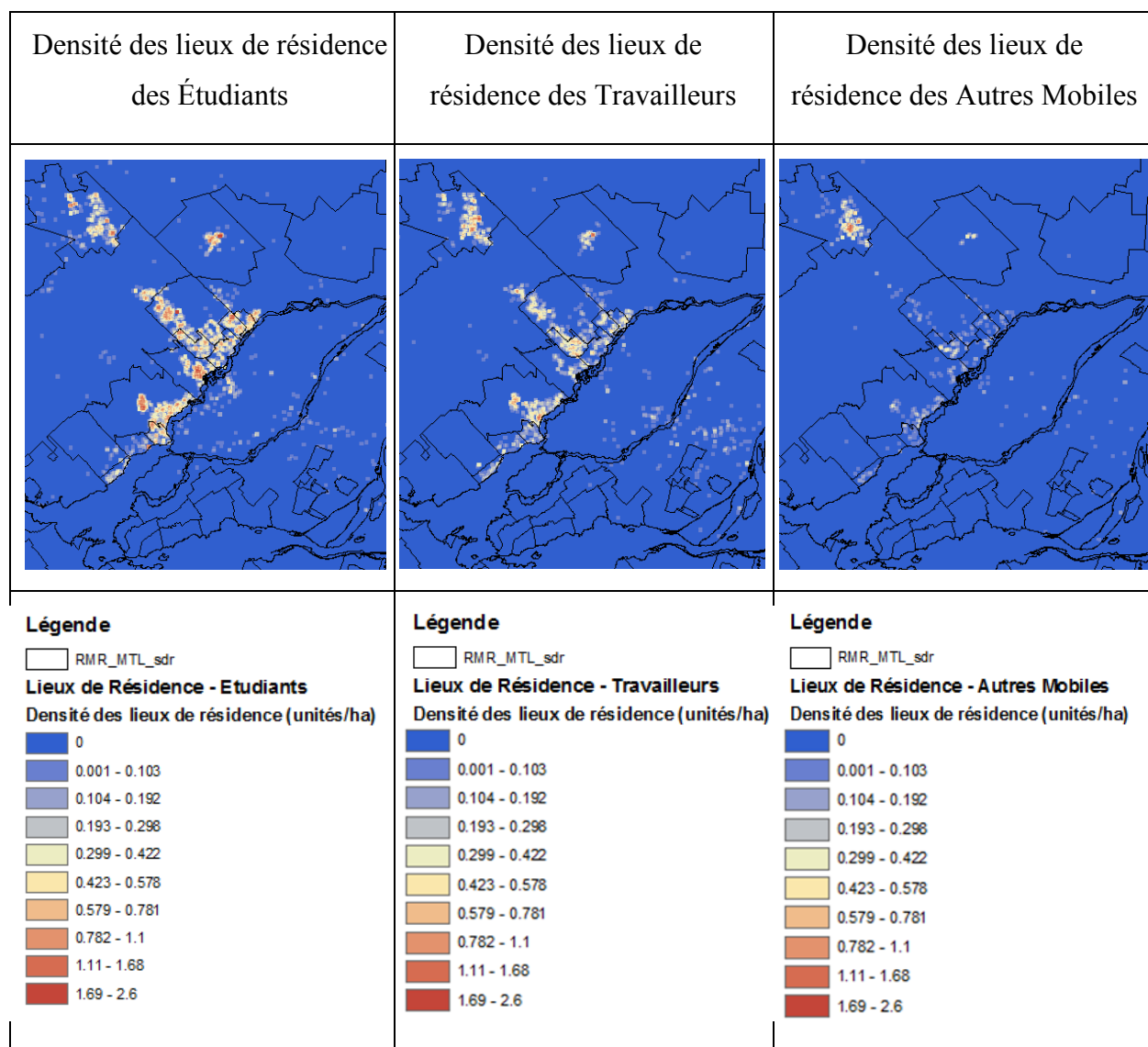


Figure 6-4 : Densité de grille des lieux de résidences par statuts dérivé des répondants. Données d'enquête à bord CITL 2008.

La confrontation de ces trois cartes de densité permet de comparer les dispersions des trois clientèles :

- La clientèle étudiante est beaucoup plus uniformément répartie sur le territoire du CITL, si on se rappelle l'espace réticulaire défini dans le chapitre 2.
- Les lieux de résidences des travailleurs sont déjà plus concentrés sur les principaux centres urbanisés.

- Les Autres Mobiles se concentrent quasi uniquement dans le centre de Saint-Jérôme. La municipalité de Saint-Jérôme est donc celle qui présente la clientèle d'utilisateurs la plus diversifiée.

6.2.2 Générateurs de déplacements : lieux d'activité

Comme on l'a vu, il est important de pouvoir identifier les lieux où les activités des usagers du transport en commun vont se développer afin de mieux connaître les cibles des déplacements. Cette analyse des générateurs, comme lieu de destination des déplacements, est classique en transport en commun et a donné lieu à de nombreuses études (Chapleau, 1993; Chapleau & Piché, 2009; Rafiee, 2009).

Dans un premier temps, une esquisse du système d'activité est dessinée par l'étude des densités de destination. Ces densités sont calculées de la même façon que précédemment. La segmentation se fait par motif pour illustrer le type d'activités présentes à ces générateurs.

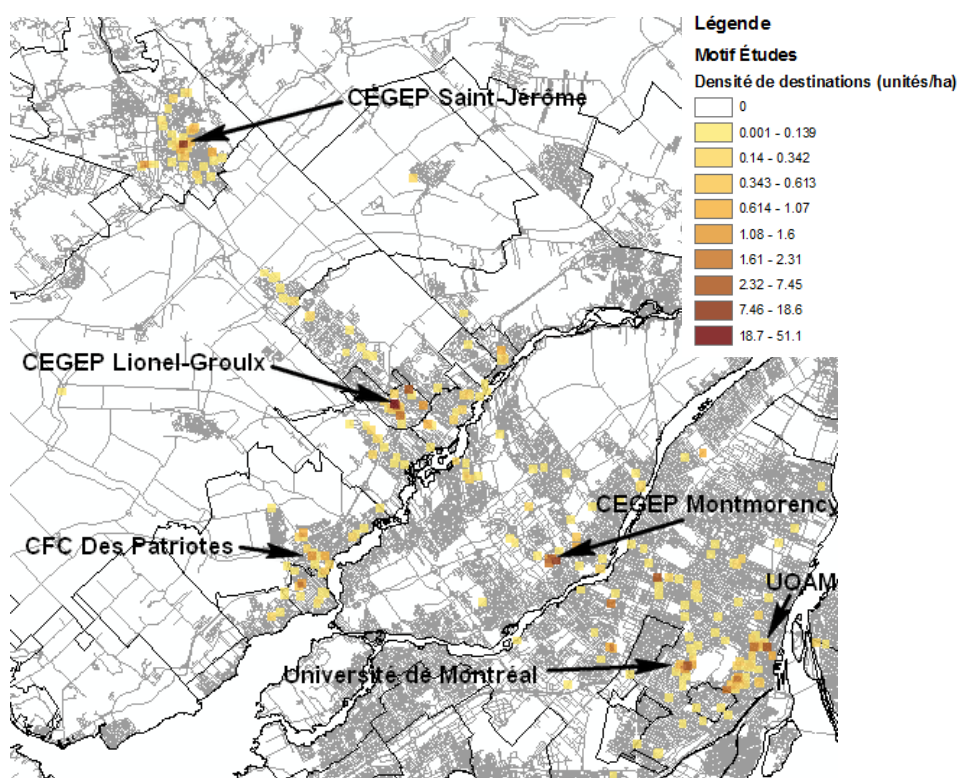


Figure 6-5 : Densité de grille des destinations des répondants pour le motif étude.

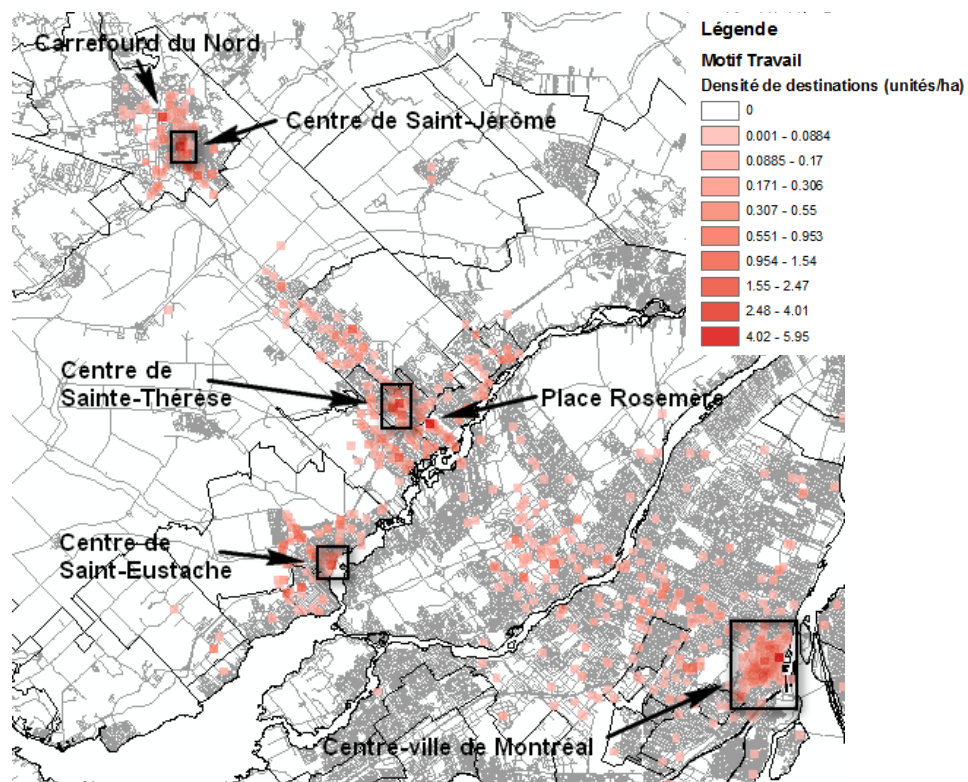


Figure 6-6 : Densité de grille des destinations des répondants pour le motif Travail.

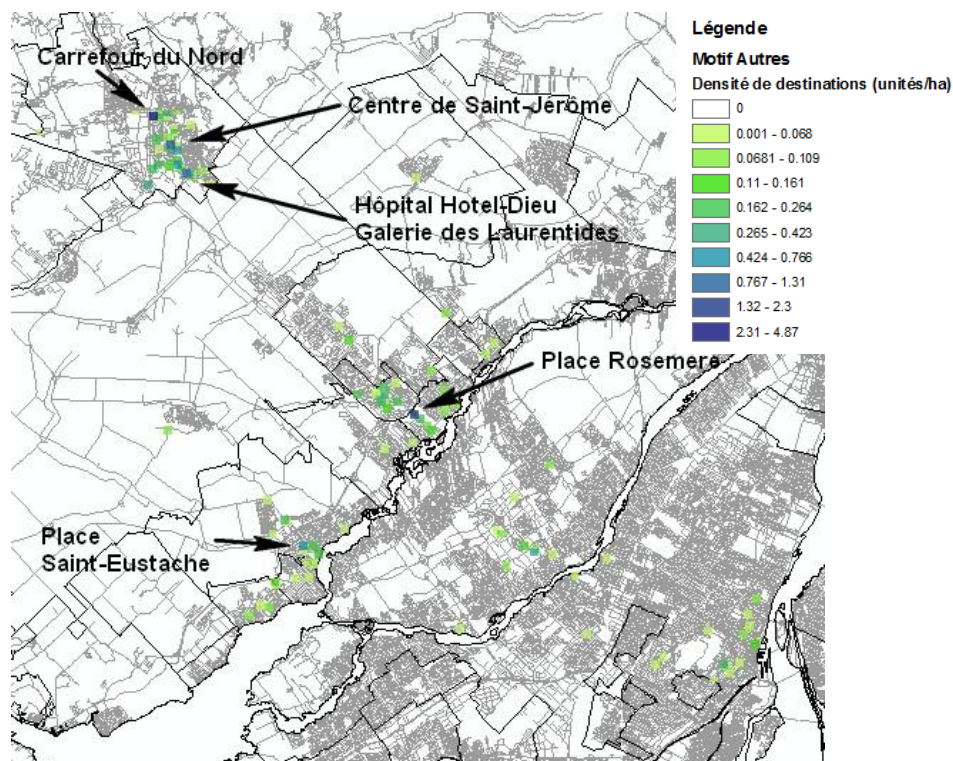


Figure 6-7 : Densité de grille des destinations des répondants pour motif Autres (sans retour à domicile).

Plusieurs faits sont alors à relever :

- Pour le motif étude, la demande reste très concentrée sur quelques points chauds qui sont essentiellement les deux CEGEP Saint-Jérôme et Lionel-Groulx, et les principales universités montréalaises. Celles-ci étant réparties sur plusieurs pavillons, les concentrations de destinations pour ces générateurs est plus diffuse.
- La demande est plus diffuse pour le motif travail. On ne peut en général que repérer des zones génératrices plus que des points particuliers. Contrairement à des milieux urbains il n'existe pas dans la Couronne Nord de grandes tours de bureaux.
- La demande pour motif Autres, qui comprend Magasinage, Loisir et Autres Motifs, plus faible, connaît peu de concentrations aussi. Les deux principaux centres d'achat de la Région ressortent tout de même ainsi que quelques points particuliers à Saint-Jérôme.

Pour préciser ce premier portrait des générateurs, un traitement individuel et systémique des générateurs d'après les données de l'enquête Origine-Destination à bord peut-être mené, comme

il a déjà été fait antérieurement avec les données de l'enquête ménage montréalaise (Chapleau & Piché, 2009). Ce traitement est rendu possible par la définition de l'objet Générateur dérivé grâce aux dénominations données dans l'enquête ou aux coordonnées. Le tableau 6.1 présente quelques caractéristiques des 10 principaux générateurs visités par les répondants ainsi que le Centre-ville de Montréal traité comme un générateur à part entière. Il a pour extension spatiale les deux premiers secteurs de l'enquête ménage Origine-Destination qui sont le Centre-ville et le Centre-ville périphérique. L'Université du Québec à Montréal est alors un sous-générateur du Centre-ville.

Tableau 6.1 : Analyse des principaux générateurs des déplacements des répondants du CITL d'après l'enquête Origine-Destination à bord de 2008.

Générateur	Total des répondants	%TTL	Motif			Zone de résidence				Distance moyenne parcourue à vol d'oiseau (en km)	Nombre moyen de correspondances TC
			Travail	Études	Autres	Centre	Ouest	Nord	Extérieur		
CEGEP LIONEL GROULX	1238	14%	9%	90%	1%	48%	23%	5%	24%	10	0.60
CEGEP MONTMORENCY	382	4%	1%	99%	0%	48%	43%	7%	2%	17	0.60
CEGEP S. JEROME	363	4%	7%	92%	1%	44%	8%	36%	12%	14	0.54
CARREFOUR DU NORD	248	3%	33%	1%	58%	7%	0%	93%	1%	3	0.47
UNIVERSITE DE MONTREAL	239	3%	9%	89%	2%	66%	21%	5%	8%	25	2.25
PLACE ROSEMERE	219	2%	59%	7%	24%	76%	5%	2%	18%	8	0.78
UQAM	128	1%	17%	82%	0%	63%	21%	8%	8%	30	1.63
CEGEP AHUNTSIC	93	1%	1%	98%	1%	63%	26%	3%	7%	22	1.78
GARE S. THERESE	76	1%	31%	57%	12%	74%	1%	12%	13%	8	0.56
GARE S. JEROME	66	1%	42%	20%	32%	21%	2%	59%	19%	10	0.61
CENTRE-VILLE DE MONTRÉAL	870	10%	58%	36%	4%	60%	29%	5%	6%	29	1.61
Ensemble des destinations	8873	100%	30%	42%	11%	47%	22%	19%	13%	14	0.92

Le tableau permet de dégager certains faits qui viennent corroborer les esquisses précédentes :

- Les principaux générateurs sont des institutions scolaires (6 sur les 10 plus grands générateurs). Ceci confirme la plus grande dispersion des destinations des autres motifs.
- Les deux centres commerciaux Carrefour du Nord et Place Rosemère attirent essentiellement une clientèle locale (respectivement 93% et 74% de la même zone).
- Le CEGEP Lionel-Groulx est le principal générateur en attirant 14% des déplacements faits par les répondants, devant le Centre-ville même (celui-ci est plutôt desservi par le train). Il attire 24% d'extérieurs au territoire.
- Les 4 générateurs extérieurs au territoire (CEGEP Montmorency, Université de Montréal, UQAM, CEGEP Ahuntsic) sont uniquement des établissements scolaires ou collégiaux et offrent un enseignement différent de celui offert sur le territoire.

- Le Centre-ville est un majoritairement un générateur pour le motif travail (58%). Si on se limite à ces déplacements, il représente 19% des déplacements pour motif travail enquêtés, ce qui le place en tête des générateurs pour ce motif.
- L'attractivité des générateurs scolaires est forte puisqu'en moyenne les répondants parcourent plus de 10 km pour y accéder.
- L'accessibilité aux Générateurs de Montréal nécessite un nombre important de correspondances. Le CEGEP Montmorency, à l'extérieur du territoire, est atteint en un nombre de correspondances équivalent aux générateurs internes car il est desservi directement par les lignes 9 et 8.

De cette étude des localisations ressortent différents éléments. Si l'habitat de la clientèle étudiante est plus diffus sur le territoire desservi, ses destinations sont très concentrées sur quelques générateurs majeurs. Au contraire les travailleurs et les Autres Mobiles ont des résidences plus concentrées sur les centres urbanisés, mais leurs destinations sont plus diffuses ou alors moins accessibles (Centre-ville).

6.3 Accès piéton au réseau

L'accessibilité se définit en général comme une facilité d'atteindre des biens, des services, des activités et des destinations (Litman, 2008). Elle s'identifie alors à une opportunité plus qu'à la réalisation de cette capacité même. Les études d'accessibilité peuvent revêtir différents aspects comme l'étude des temps de parcours, l'analyse des dispositions d'accès pour des populations avec des handicaps ou alors une caractérisation des populations dans un bassin de desserte. Dans ce dernier cas les zones d'accessibilité sont définies par une ou des distances tampons autour des arrêts ou stations. Ces distances reflètent à la fois la distance que les usagers sont prêts à parcourir pour accéder au réseau de transport en commun et les normes de service sur l'accessibilité en vigueur dans la zone d'étude. Pour un arrêt de bus en milieu urbain cette distance est généralement de 400m ou 5 min de marche (Demetsky & Lin, 1982; TRB, 2003). Le croisement avec des bases de données du recensement par exemple permettent d'avoir la caractérisation de la population de nuit desservie et d'estimer, entre autres, le potentiel d'un service proposé ou des biais sociaux face à ce service.

Les définitions de l'accessibilité sont donc diverses et concernent dans la plupart des cas une potentialité. Le mandat de ce chapitre n'étant pas d'étudier une demande potentielle du transport en commun, mais bien la demande exprimée telle qu'observée par une enquête à bord, on utilisera plutôt le terme d'accès pour décrire l'action réalisée d'accéder à un bus du réseau. Cette analyse portera essentiellement sur l'étude des distances d'accès piéton aux arrêts du réseau en fonction des groupements d'offre définis au chapitre 3. Une telle approche permet de caractériser l'attractivité des différents niveaux d'offre.

Afin de réaliser cette étude, quelques traitements sont nécessaires sur la base de données de l'enquête à bord :

- La distance d'accès est calculée comme la distance à vol d'oiseau entre l'origine du déplacement et l'arrêt de montée. Il s'agit ainsi du pendant de la distance buffer dans les calculs d'accessibilité.
- Le mode d'accès est dérivé de la séquence de mode obtenue par l'enquête. Le mode d'accès est alors le mode utilisé juste avant la montée sur le départ enquêté. Si ce départ est le premier maillon de la chaîne de mode, l'accès est considéré s'étant fait à pieds.
- Pour pouvoir comparer les différents groupements d'offre, une période d'observation intéressante à fixer est la pointe du matin. En outre en se limitant à cette période, l'accès au réseau de transport en commun est généralement le fait de la population résidente comme on le verra à la partie 6.5.1.
- La direction est traitée selon la définition donnée au chapitre 3.
- On appelle «Réseau Régional » la réunion des groupes 1,2 et 4 définis au chapitre 3. Les groupes 3 et 5 sont regroupés sous le terme «Réseau local».
- On appelle «Principaux Terminus», l'ensemble des terminus intermodaux (Gare de Saint-Jérôme, gare de Sainte-Thérèse, gare de Deux-Montagnes, gare de Rosemère, Terminus Montmorency, station de métro Cartier), des terminus étant desservis par un nombre important de lignes du CITL (Terminus Saint-Eustache), ou desservant un générateur majeur (CEGEP Lionel-Groulx). On dégage ainsi 9 terminus majeurs. Ils sont représentés par la figure 6-8.

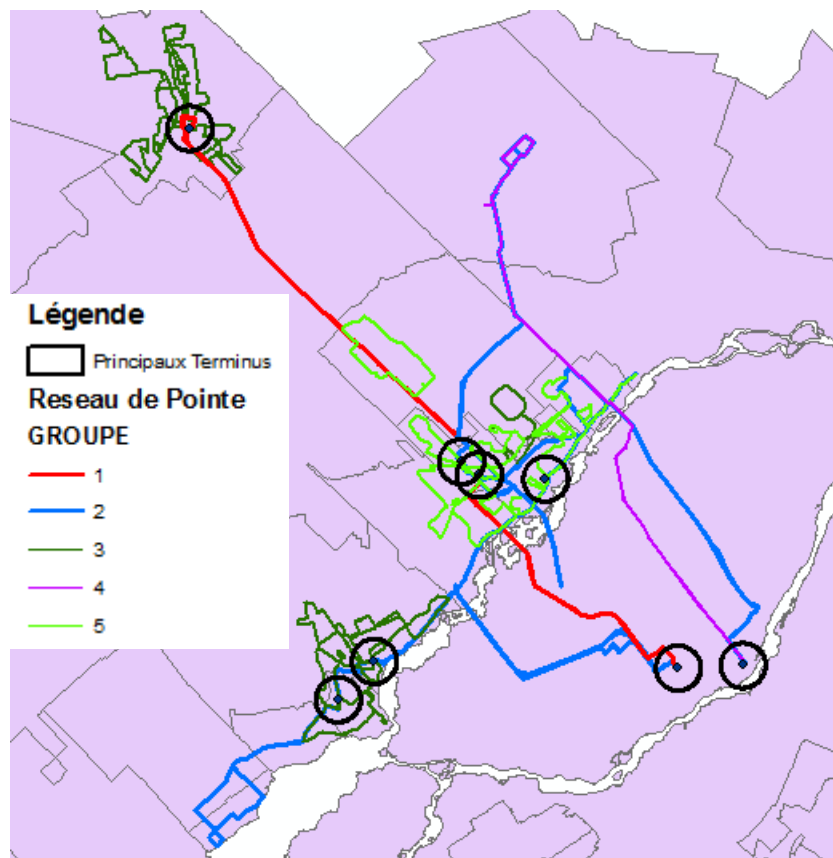


Figure 6-8 : Principaux terminus du réseau du CITL.

La caractérisation de la distribution des distances d'accès est réalisée grâce à une structure adaptée du concept de «boîte à moustache». Cette représentation permet de comparer de façon compact et informative quelques caractéristiques de position (médiane, quantiles,...) entre des ensembles de tailles différentes. Comme le but est ici de représenter des distances à vol d'oiseau autour de points, la forme circulaire semble particulièrement adaptée, ce qui rompt avec l'aspect rectangulaire classique des boîtes à moustaches. Le but de ces représentations est de déterminer s'il y a éventuellement des différences dans les comportements d'accès en fonction du type de ligne atteinte (locale ou régionale), en fonction du type d'arrêt (terminus important ou arrêt de desserte), ou en fonction de la direction pour le réseau régional. Les figures 6-9 et 6-10 représentent ces constructions grâce au diagramme bulle d'Excel en choisissant l'option « diamètre des bulles proportionnel au champ ».

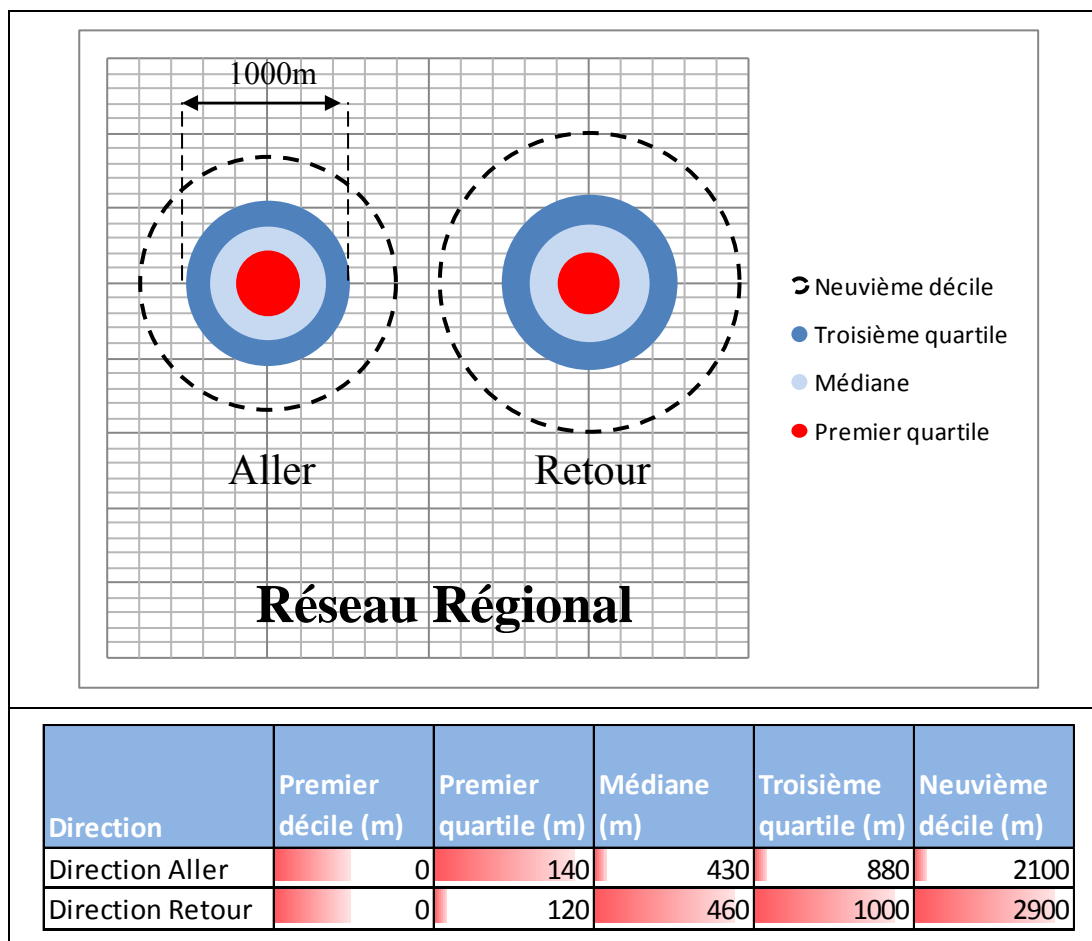


Figure 6-9 : Diagrammes par quantiles des distributions de distances d'accès piéton pour le réseau régional en fonction de la direction.

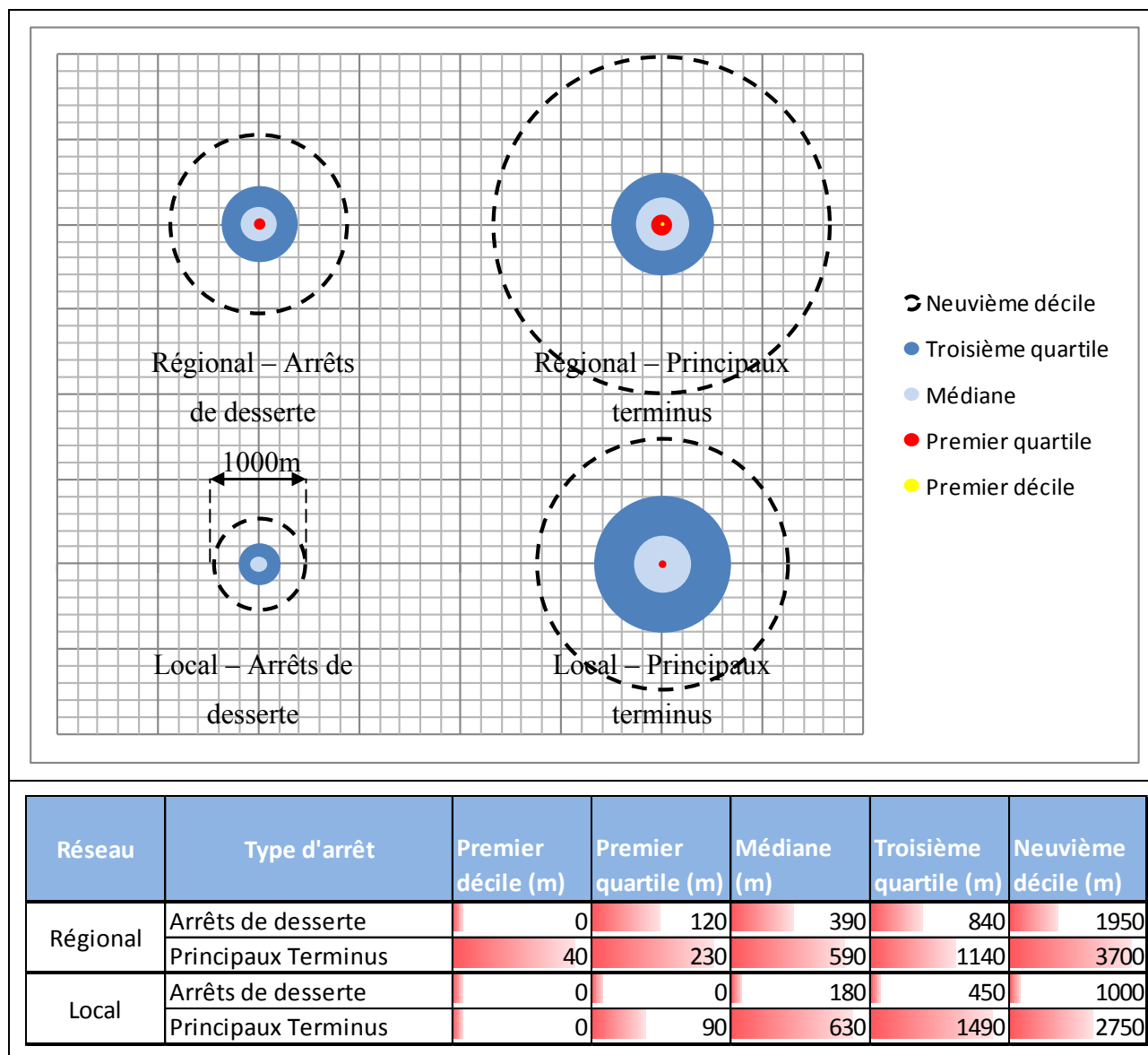


Figure 6-10 : Diagrammes par quantiles des distributions de distances d'accès piéton pour le réseau régional et local en fonction du type d'arrêt.

Ces deux représentations nous permettent de relever les faits suivants :

- Pour presque toutes les mesures, la valeur du neuvième décile est très grande pour un accès piéton. Ceci est dû aux erreurs de remplissages de la chaîne de mode. En cas de mauvais remplissage de cette partie du questionnaire le mode peut être considéré comme piéton alors qu'il ne l'est pas. La donnée du neuvième décile peut alors nous permettre d'éliminer ces valeurs extrêmes.

- Le fait que le premier décile soit presque toujours nul, indique que, dans tous les cas, au moins 10% des montants ont leur origine à moins de 100m de l'arrêt (agrégation par tranche de 100m).
- Les différences entre la direction Aller et Retour sont faibles même si le troisième quartile dans la direction Retour est tout de même supérieur à celui dans la direction Aller.
- Que ce soit sur le réseau régional ou local, les usagers parcourent des distances supérieures pour atteindre un terminus principal plutôt qu'un arrêt de desserte.
- Pour atteindre un arrêt de desserte, les usagers parcourent plus de distance s'il s'agit du réseau régional que du réseau local. La situation est inversée pour atteindre un terminus principal.

Cette étude permet aussi de montrer que si l'on souhaite choisir une distance tampon afin de réaliser une étude d'accessibilité classique, on pourrait choisir le troisième quartile qui nous assure d'avoir au moins 75% des montants à l'intérieur de ce rayon. Cette distance serait donc de l'ordre de 800-1000m, ce qui est bien supérieur au 400-500m – distance qui capture aussi 75 à 80% de la demande - habituellement admis en ville (Demetsky & Lin, 1982; TRB, 2003). Seule la valeur pour l'accès aux arrêts de desserte du réseau local se rapproche de la valeur urbaine. La figure 6-11 montre l'application d'une telle distance à notre réseau en pointe du matin :

- Terminus régionaux : distance buffer de 1200m
- Terminus locaux : distance buffer de 1500m
- Arrêts de desserte régionaux : distance buffer de 900m
- Arrêts de desserte locaux : distance buffer de 500m

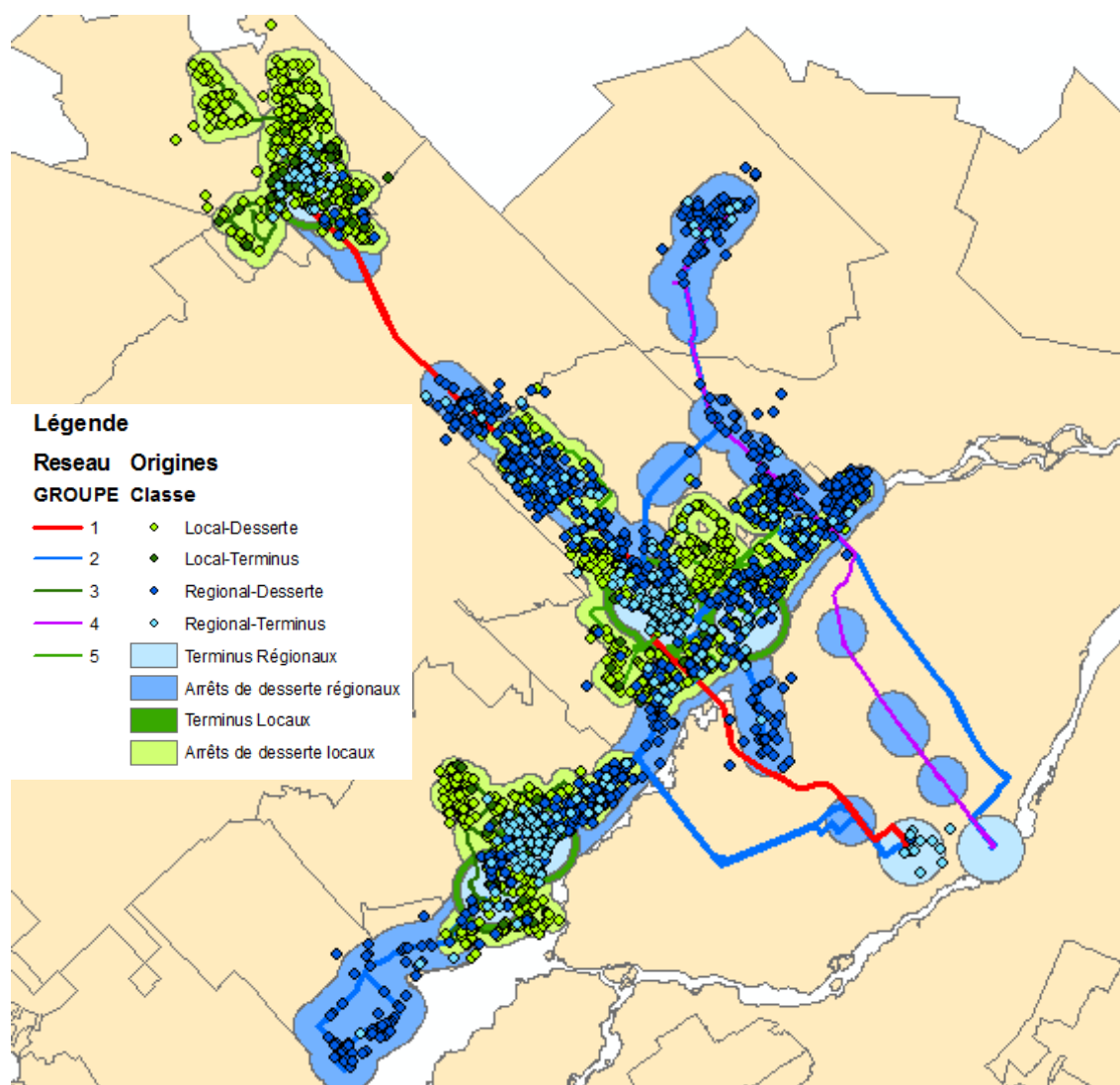














































Figure 6-11 : Application des distances buffer dérivées du troisième quartile de la distribution des distances d'accès.

Si la distance d'accès semble dépendre du visage pris par l'offre de service, elle peut aussi dépendre des différentes catégories de clientèle. Pour étudier cela, on trace la courbe de pourcentage cumulé de la clientèle en fonction de la distance d'accès et du statut (figure 6-12) ou de la cohorte d'âge (figure 6-13). On fait figurer sur ces représentations la lecture de la médiane et du troisième quartile. Leur valeur numérique est représentée dans le tableau 6.2.

Tableau 6.2 : Médiane et troisième quartile des distributions des distances d'accès piéton pour le réseau régional et local en fonction du statut dérivé et de la cohorte d'âge.

	Régional		Local	
Satut	médiane (m)	Troisième quartile (m)	médiane (m)	Troisième quartile (m)
Travailleur	 390	 870	 180	 520
Étudiant / élève	 460	 1000	 180	 470
Autre	 410	 760	 180	 710
NSP / Refus	 360	 750	 260	 480
Cohorte				
10 à 14 ans	 390	 940	 90	 520
15 à 19 ans	 470	 1010	 200	 550
20 à 24 ans	 390	 870	 230	 420
25 à 34 ans	 340	 800	 190	 760
35 à 44 ans	 380	 690	 160	 420
45 à 54 ans	 430	 890	 170	 440
55 à 64 ans	 360	 560	 200	 680

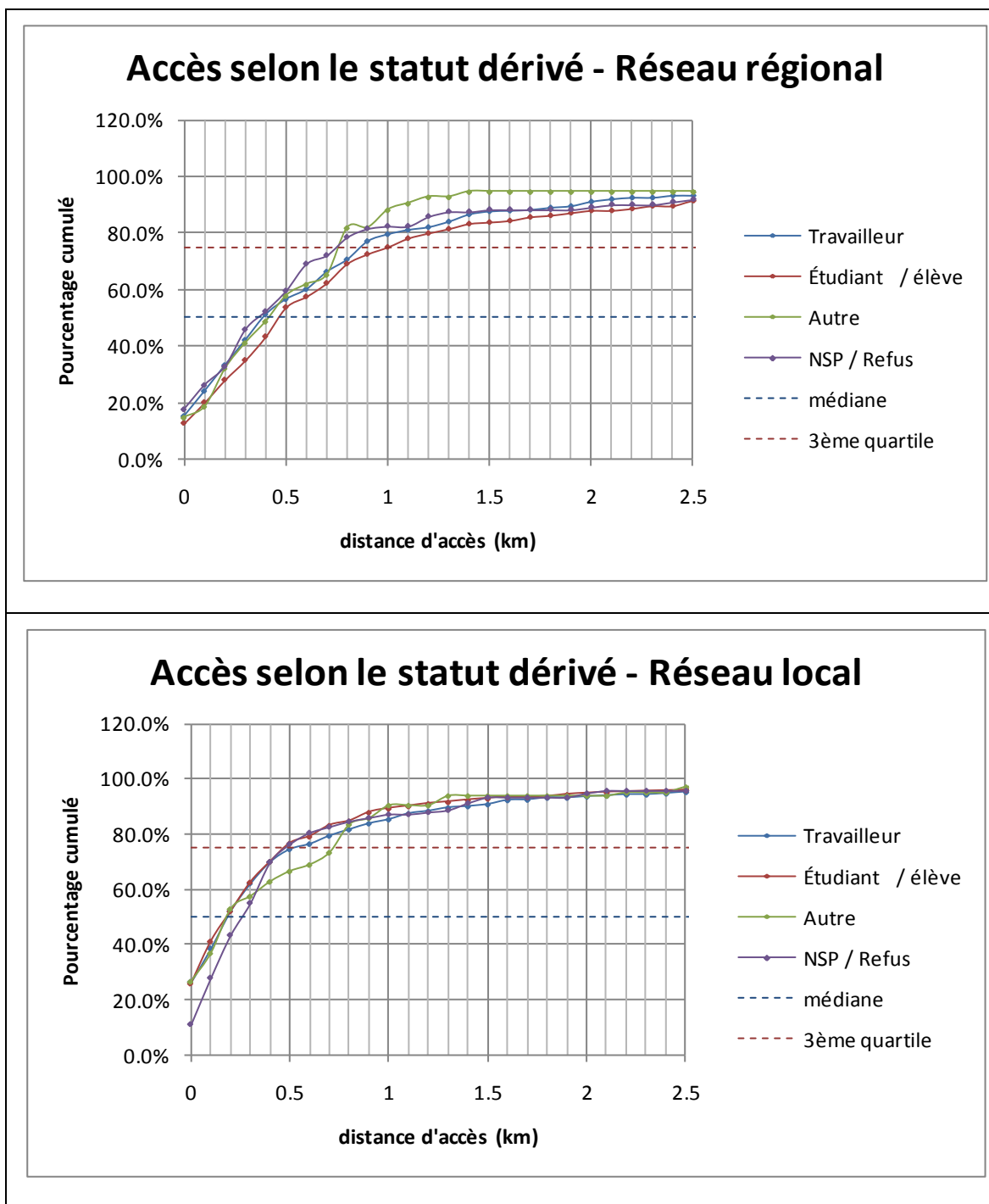


Figure 6-12 : Pourcentage cumulé des montants en pointe du matin selon la distance d'accès piéton et selon le statut dérivé. Réseau régional et local du CITL.

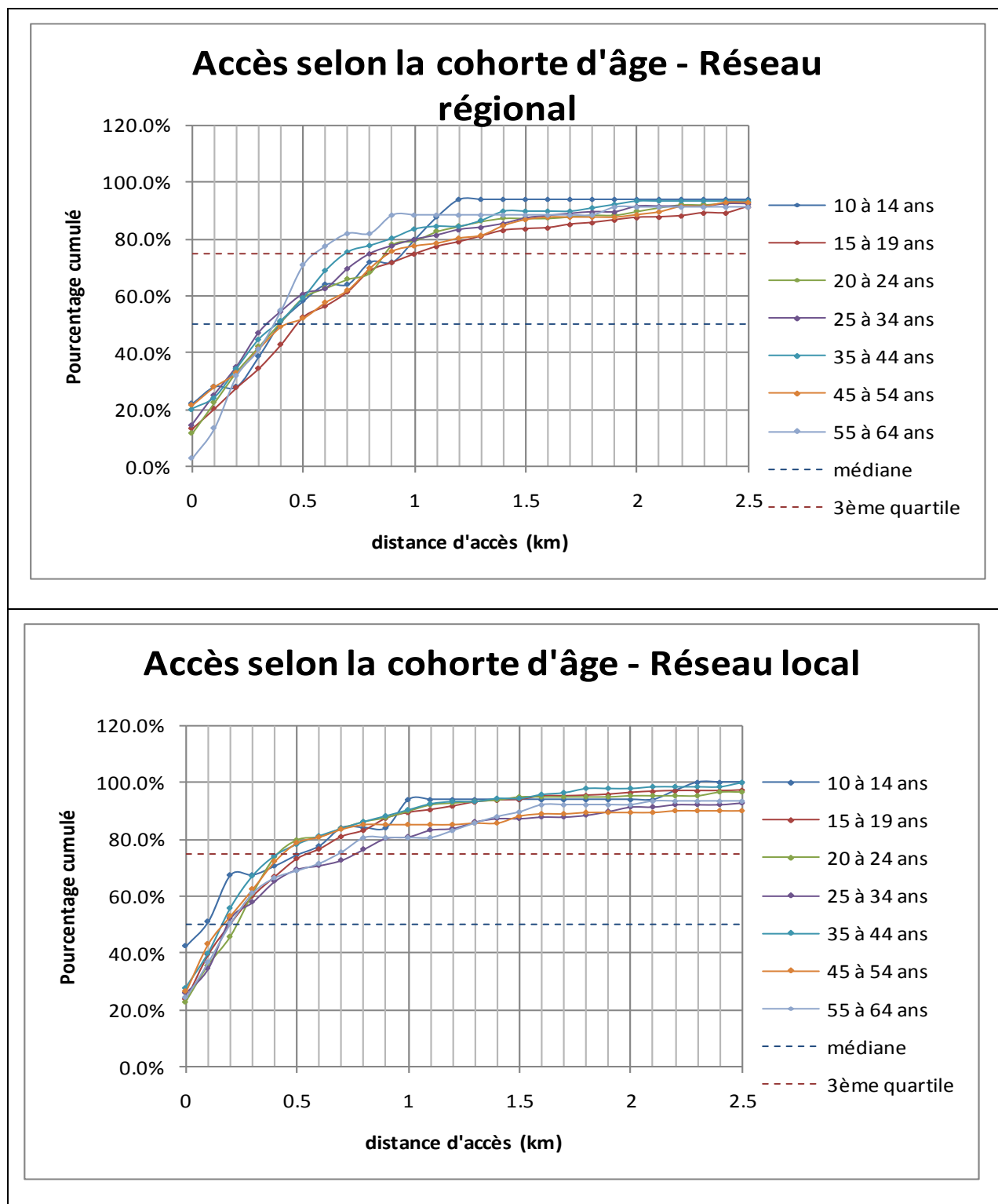


Figure 6-13 : Pourcentage cumulé des montants en pointe du matin selon la distance d'accès piéton et selon la cohorte d'âge. Réseau régional et local du CITL.

La position de la médiane connaît peu de variation de variations selon le statut ou l'âge. La position du troisième quartile, elle, varie plus. On peut en tirer les comparaisons suivantes :

- Les deux dernières cohortes d'âge présentes dans l'enquête, c'est-à-dire les 65-75 ans et les 75 ans et plus, ont été exclus de cette analyse par manque de données les concernant.
- Pour le réseau régional, la population des étudiants est celle qui a les distances d'accès les plus grandes. Ceci correspond aux 10-19 ans.
- Pour le réseau local, les autres mobiles sont ceux qui ont les distances les plus grandes. Ceci est dû au fait que 20% de cette demande parcourt entre 700 et 800m pour accéder au réseau. Les étudiants ont cette fois-ci les distances les plus faibles. En termes de cohortes ce sont donc les 25-34 ans et les 55-64 ans qui parcourent des distances plus grandes pour accéder au réseau local.
- De manière générale, les comportements sont plus homogènes (écarts entre les courbes plus faibles) sur le réseau local que sur le réseau régional.

L'analyse de la distance d'accès à pieds en pointe du matin permet de montrer les différences de comportements en fonction du type de réseau ou même du type d'arrêt. Ces différences permettent de nuancer la définition d'une distance de buffer unique. On a pu remarquer en outre que si de telles distances buffer devaient être définies, elles pourraient être bien supérieures à ce qui est communément admis pour des milieux urbains. Enfin on a pu voir qu'il était difficile de faire ressortir des comportements d'accès en fonction de l'âge ou du statut des usagers.

6.4 Profils de charges et consommation des ressources par la clientèle

6.4.1 Introduction et contexte

Le chargement des itinéraires de déplacements sur le réseau de transport en commun est une étape incontournable afin de comprendre l'utilisation par la demande des ressources mis à son service. Cette méthode permet de trouver les tronçons critiques sur les parcours et d'analyser les flux de déplacements des usagers. La possession des origines, des destinations et des itinéraires de déplacement pour les répondants permet de faire cette affectation. Contrairement à l'enquête

Origine-Destination des ménages montréalais, on ne peut ici conserver l'itinéraire complet des déplacements pour les charger sur le réseau. En effet l'expansion étant faite pour faire correspondre l'achalandage d'après les données de perception et l'achalandage d'après l'enquête à bord pour chaque départ enquêté, ce facteur d'expansion n'est valide que pour le tronçon enquêté de la chaîne de modes. On ne peut donc charger que ce tronçon. Ce faisant on s'assure le bon volume de montants pour chaque ligne dans chaque direction.

6.4.2 Imputation de l'arrêt de descente

La première étape pour permettre le chargement des tronçons d'itinéraires est la détermination de l'arrêt de descente le plus probable. Cette détermination distingue les deux situations suivantes selon la séquence de mode et la séquence TC déclarées : le tronçon enquêté débouche sur une correspondance avec une autre ligne de transport en commun (bus, métro, train), ou le tronçon enquêté débouche directement sur l'accès à la destination.

Dans le premier cas, c'est-à-dire le cas de la correspondance, l'arrêt de correspondance le plus probable entre les deux lignes de transport en commun ainsi mises en relation est déterminé. Celui-ci correspond à l'arrêt de montée le plus achalandé sur la ligne de destination. Dans le deuxième cas, c'est-à-dire que la descente dessert directement la destination finale du déplacement, l'arrêt de descente le plus probable est l'arrêt de la ligne le plus proche de la destination déclarée (distance à vol d'oiseau). On notera cependant que les correspondances avec les bus de la STL sont traitées comme faisant partie du deuxième cas, car on ne dispose pas de la base de données des parcours des autobus de Laval. Cette situation ne concerne néanmoins que 1.5% des questionnaires. Le premier cas concerne environ 2300 questionnaires et le deuxième environ 3100. Une procédure automatique (macro Excel) permet de traiter aisément le deuxième cas. Le cas des correspondances est traité lui semi-automatiquement car beaucoup plus restreint en termes de possibilités (figure 6-14). Les pourcentages de la figure 6-14 sont toujours donnés parmi la catégorie supérieure (Exemple : 30% de correspondances avec le train parmi les 2300 questionnaires et 34% de correspondances avec la gare STR parmi les correspondances avec le train). La correction des erreurs dans les enregistrements soulevées par cette procédure est traitée au chapitre 5.

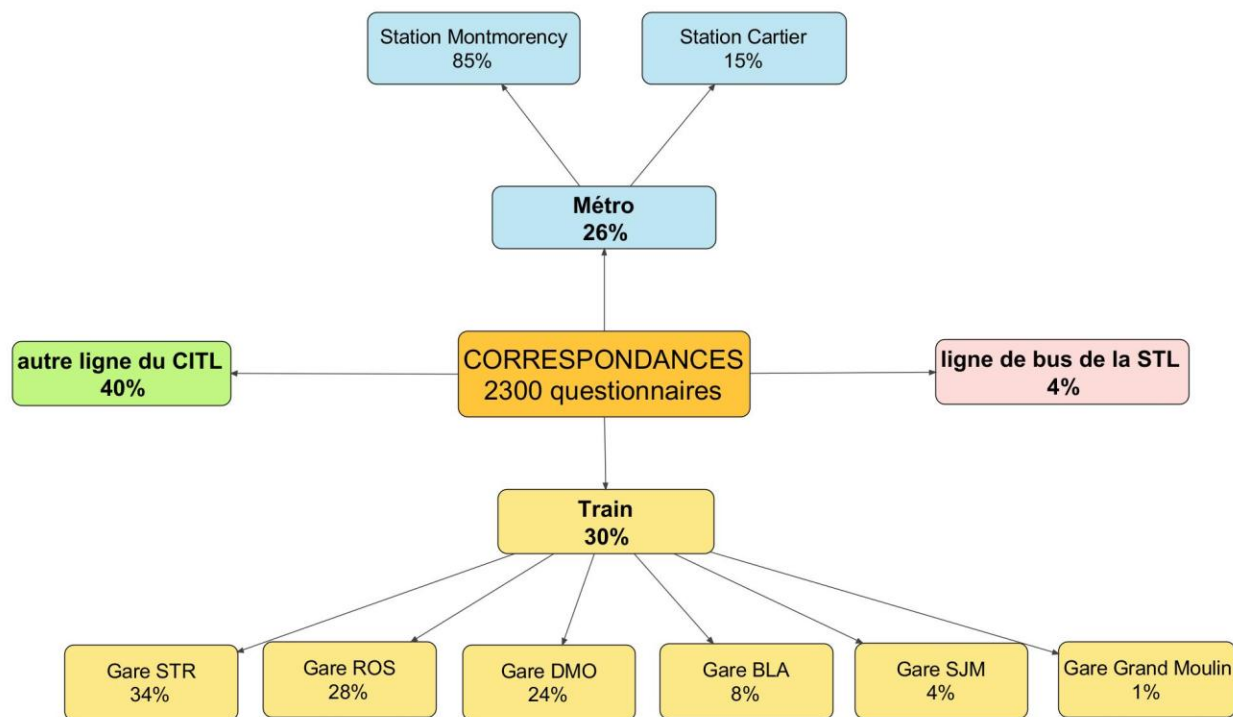


Figure 6-14 : Différentes possibilités d'association pour l'obtention de l'arrêt de correspondance le plus probable dans l'enquête à bord du CITL de 2008.

De l'arrêt de descente on en déduit aisément la distance parcourue par chaque répondant sur la ligne-départ enquêtée. On déduit aussi le profil de charge de chaque départ enquêté, qui, cumulés, donnent le profil de charge des différentes lignes du réseau.

6.4.3 Profils de charges

L'étude des profils de charge sur les lignes du CITL est alors rendue possible par une simple déduction de l'arrêt de descente sans chargement dans un logiciel de simulation de réseau. L'expansion des données nous assure alors que pour chaque ligne, le nombre de montants est égal au nombre de transactions GFI. On limitera alors notre étude à la pointe du matin, car c'est la seule période qui a été enquêtée entièrement et qui va nous permettre d'établir une base de comparaison entre les différents niveaux d'offres.

La figure 6-15 représente ainsi les profils de charge par ligne-direction pour la pointe du matin. La coloration est faite en fonction des niveaux d'offres établis au chapitre 3. On indique sur quelques tronçons des valeurs numériques de la charge afin de donner une idée de l'échelle.

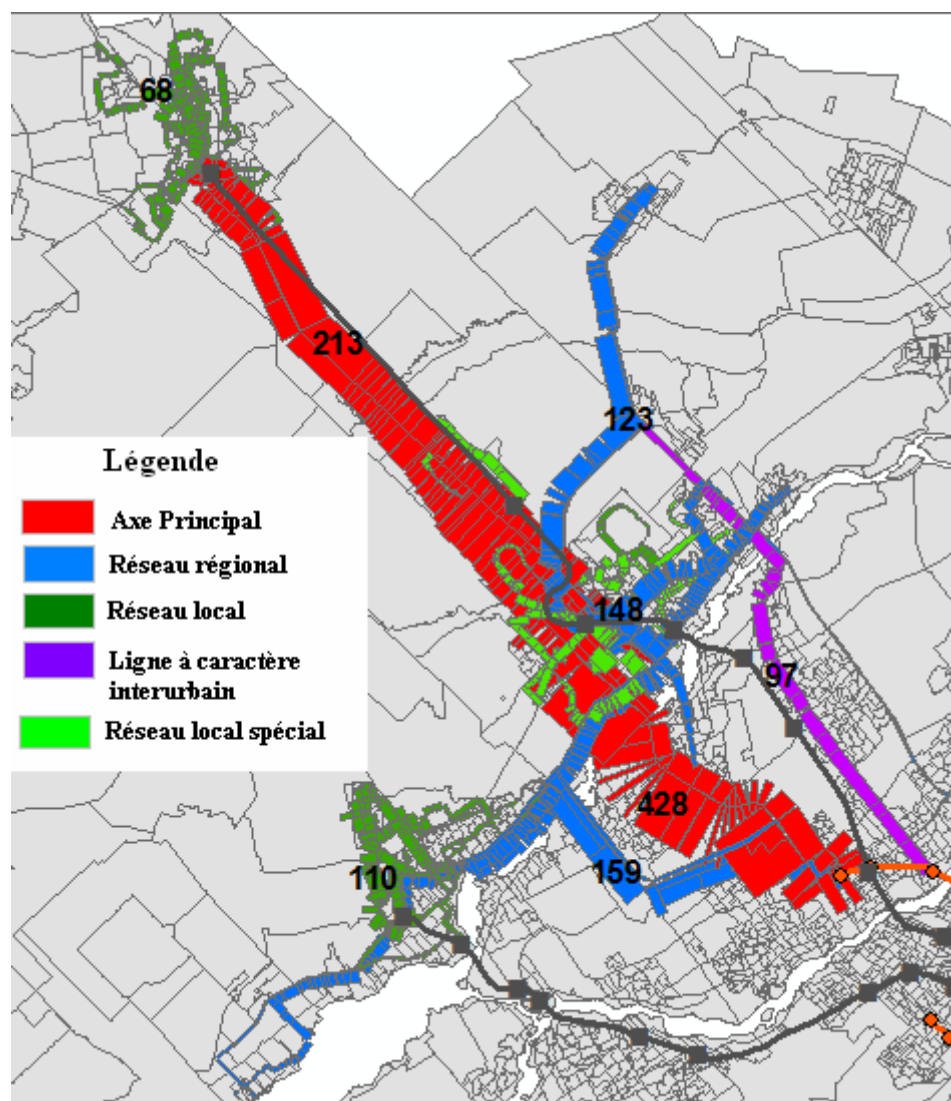


Figure 6-15 : Profil de charge par ligne direction et pour tous motifs en pointe du matin appliqué au réseau du CITL organisé par groupements de lignes.

L'un des intérêts qui a poussé à la mise au point de la méthode désagrégée est de s'affranchir des flots anonymes qui étaient représentés dans les profils de charge. Cet affranchissement est encore possible dans notre cas puisque on a conservé toutes les caractéristiques de la personne avec la fraction de l'itinéraire de déplacement préservée. La figure 6-16 représente par exemple le chargement en fonction du motif de déplacement et la figure 6-17 en fonction de la zone de résidence.

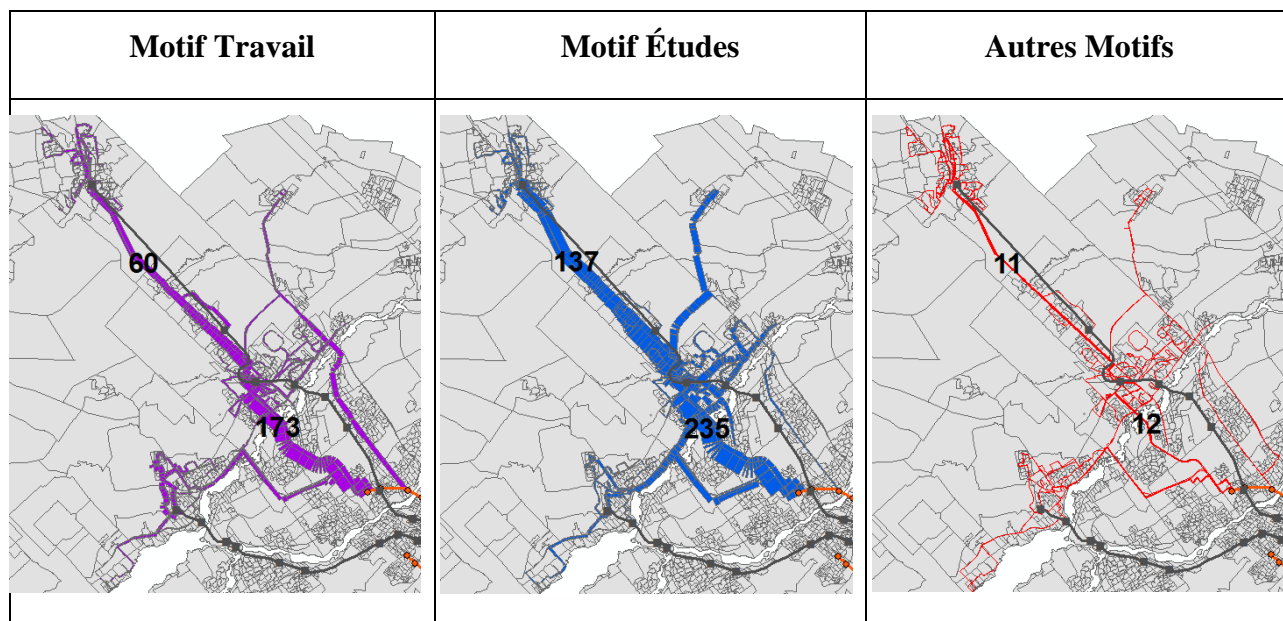


Figure 6-16 : Profil de charge par ligne-direction en fonction du motif du déplacement, appliqué au réseau du CITL en pointe du matin.

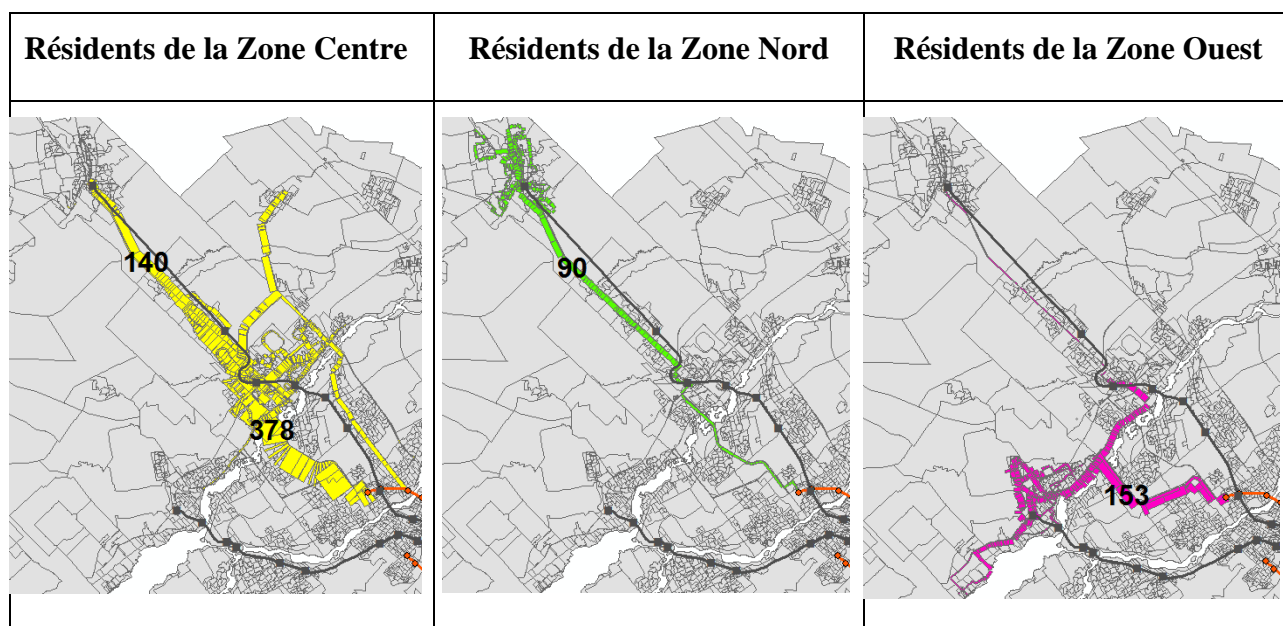


Figure 6-17 : Profil de charge par ligne-direction en fonction du lieu de résidence de l'utilisateur, appliqué au réseau du CITL en pointe du matin.

L'analyse de ces trois figures permet déjà de tirer les faits saillants suivants :

- Le réseau régional est plus achalandé que le réseau local, mais reste loin derrière la ligne 9.

- Les déplacements pour motif travail sont relativement équilibrés en nombre sur tout le réseau (à l'exception de la ligne 9). Au contraire les déplacements pour motif étude se concentrent essentiellement sur le réseau régional et la ligne 9.
- Comme il avait été pressenti au chapitre 2, les zones Ouest et Centre présentent un nombre important de déplacements vers Laval et le Centre-ville, alors que la zone Nord n'en présente que très peu. La zone Centre est aussi liée à la zone Nord et la zone Ouest à la zone Centre.

L'une des mesures classiques de productivité en transport en commun est le nombre de passagers-km transportés. Un passager-km représente au déplacement d'un passager sur un kilomètre. Le tableau 6.3 récapitule le nombre de passagers-km produits par type de réseau en fonction du secteur de résidence et du motif. Les directions Aller et Retour correspondent au schéma 3-6 présenté au chapitre 3. Il est intéressant de confronter ces données au nombre de véhicules-km consommés afin d'établir le ratio entre les deux. Celui-ci correspond à une efficacité et peut être interprété comme le nombre moyen de personnes présentes à bord des bus.

Tableau 6.3 : Nombre de Passagers-km par zone de résidence, par motif et par type de réseau.

Nb de Pass-km	Local	Régional				TOTAL
Zone de résidence		A	R	A+R	Ligne 9	
Centre	4380	14462	3450	17913	10995	22293
Ouest	2546	6007	635	6642	353	9188
Nord	3053	2348	253	2601	2561	5653
Autres	525	2011	4304	6316	4192	6840
Toutes zones	10503	24829	8642	33470	18101	43974
Motif						
Travail	5261	8646	2888	11534	6406	16795
Etudes	4519	14899	4708	19607	10259	24126
Autre	411	856	385	1241	800	1653
Tous motifs	10503	24829	8642	33470	18101	43974
Nb. de Véh-km	1507	1345	997	2343	985	3849
Ratio Pass-km/Véh-km	6.97	18.45	8.67	14.29	18.38	11.42

Ce tableau permet d'établir les éléments marquants suivants :

- La région qui génère le plus de passagers-km est la région Centre qui compte pour 51% des passagers-km. La région Nord est la moins consommatrice en ressources et produit moins de passagers-km que les usagers extérieurs au CITL. Les usagers de la région Nord sont aussi les seuls à plus se déplacer sur le réseau local que régional, ce qui explique cette consommation légèrement plus faible (13% des passagers-km pour 15% des montants en pointe du matin).
- Les usagers extérieurs représentent une part importante (16%) des passagers-km produits. Ils sont même majoritaires sur le réseau régional en direction Retour (50%) pendant la pointe du matin.
- Le motif Études (Travail) représentent 52% (41%) des montants et 55% (38%) des passagers-km. La longueur moyenne des déplacements pour motif Études est donc légèrement plus grande que celle pour motif Travail, même si cette différence reste faible.
- Le réseau régional se montre plus efficace que le réseau local. Cependant la ligne 9 joue grandement dans cette efficacité. Si l'on souhaite avoir le taux d'utilisation de la capacité offerte il suffit de diviser ce ratio par la capacité nominale d'un bus. Si l'on prend 65 places pour cette dernière, la capacité offerte par le réseau local est utilisée à 11% et celle par le réseau régional à 28%, ce qui reste faible.

Pour terminer cette étude des chargements, l'un des intérêts est aussi de pouvoir déterminer le Point de Charge Maximale (PCM). Sur la donnée de la charge en ce point en période de pointe est calculé le nombre de départs nécessaires pour couvrir la demande. Cette opération est réalisée en période de pointe, car alors ce qui conditionne l'offre est la minimisation des ressources impliquées, notamment la flotte de véhicules. Cependant si cette approche est utilisée en milieu urbain, il serait intéressant de voir ce qu'il en est en lointaine banlieue. Les tableaux 6.4, 6.5 et 6.6 récapitulent les points de charge maximale pour chaque ligne direction, donnent leur composition en termes de zones de résidence des usagers et de motif de déplacement et déduisent le nombre minimum de départs nécessaires pour couvrir la demande, en supposant que la capacité d'un bus est de 65 passagers.

Tableau 6.4 : Point de charge maximale en pointe du matin et sa composition en direction Aller.

groupe	Ligne	PCM	Zone de résidence					Motif			Nombre de départs nécessaires	Nombre de départs effectués
			Centre	Nord	Ouest	Montréal- Laval	Autre	Travail	Etudes	Autre		
1	9	436	76%	18%	0%	1%	5%	32%	61%	4%	7	15
2	8	208	2%	0%	97%	0%	0%	36%	58%	5%	4	10
	23	158	86%	0%	1%	0%	13%	35%	92%	0%	3	5
	27	149	98%	0%	0%	0%	2%	19%	78%	2%	3	5
	88	137	25%	0%	72%	2%	1%	12%	84%	2%	3	9
	22	113	61%	0%	0%	2%	37%	33%	65%	0%	2	5
	80	99	2%	0%	98%	0%	0%	26%	70%	1%	2	6
	11	50	74%	6%	0%	10%	10%	74%	10%	8%	1	5
	28	7	100%	0%	0%	0%	0%	43%	57%	0%	1	2
3	90	64	0%	0%	92%	5%	3%	31%	66%	0%	1	5
	93	27	0%	0%	100%	0%	0%	33%	56%	11%	1	5
	89	17	0%	0%	82%	18%	0%	53%	47%	0%	1	5

Tableau 6.5 : Point de charge maximale en pointe du matin et sa composition en direction Retour.

groupe	Ligne	PCM	Zone de résidence					Motif			Nombre de départs nécessaires	Nombre de départs effectués
			Centre	Nord	Ouest	Montréal-Laval	Autre	Travail	Etudes	Autre		
1	9	247	40%	3%	5%	49%	3%	34%	57%	3%	4	12
2	11	128	11%	0%	0%	89%	0%	9%	87%	0%	2	5
	23	53	100%	0%	0%	0%	0%	70%	0%	0%	1	4
	80	30	0%	0%	100%	0%	0%	33%	53%	0%	1	7
	22	25	64%	0%	4%	32%	0%	52%	40%	0%	1	4
	8	24	0%	0%	17%	79%	4%	33%	50%	0%	1	7
	88	22	77%	5%	18%	0%	0%	18%	50%	23%	1	7
	27	17	76%	0%	0%	24%	0%	53%	41%	0%	1	4
	28	2	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	100%	1	3
3	90	115	0%	0%	98%	1%	1%	76%	19%	3%	2	6
	89	76	0%	0%	100%	0%	0%	78%	22%	0%	2	6
	93	28	0%	0%	89%	4%	7%	50%	29%	0%	1	5

Tableau 6.6 : Point de charge maximale en pointe du matin et sa composition pour les lignes en boucles ou opérées dans une seule direction.

groupe	Ligne	PCM	Zone de résidence					Motif			Nombre de départs nécessaires	Nombre de départs effectués
			Centre	Nord	Ouest	Montréal I-Laval	Autre	Travail	Études	Autre		
3	4	106	2%	96%	0%	2%	0%	56%	39%	2%	2	6
	2	97	0%	99%	0%	0%	1%	43%	43%	10%	2	6
	21	82	95%	0%	0%	4%	1%	37%	61%	0%	2	6
	1	72	0%	100%	0%	0%	0%	35%	46%	14%	2	6
	7	69	10%	80%	0%	10%	0%	29%	61%	4%	2	6
	5	57	0%	100%	0%	0%	0%	49%	47%	4%	1	6
	92	56	0%	0%	100%	0%	0%	25%	75%	0%	1	6
	3	54	0%	100%	0%	0%	0%	44%	31%	20%	1	6
	91	20	0%	0%	100%	0%	0%	50%	40%	10%	1	5
4	24	100	74%	0%	0%	0%	26%	78%	22%	0%	2	3
5	51	131	97%	0%	0%	3%	0%	34%	63%	3%	3	5
	52	97	74%	3%	3%	20%	0%	62%	34%	3%	2	5
	61	93	78%	2%	0%	13%	6%	16%	78%	4%	2	5
	10	74	100%	0%	0%	0%	0%	78%	22%	0%	2	5
	62	73	100%	0%	0%	0%	0%	36%	64%	0%	2	5
	19	61	100%	0%	0%	0%	0%	64%	36%	0%	1	5
	12	60	95%	0%	0%	3%	2%	52%	48%	0%	1	5
	20	40	100%	0%	0%	0%	0%	55%	45%	0%	1	5
	15	33	100%	0%	0%	0%	0%	48%	53%	0%	1	5
	17	28	57%	0%	0%	0%	43%	61%	36%	0%	1	4

Ce qui ressort principalement de ces trois tableaux est que le nombre de départs effectués sont toujours supérieurs au strict nécessaire pour couvrir la demande. La logique d'organisation du service est donc très différente de ce qui se passe en ville puisque même en période de pointe du matin, il n'y a pas de volonté d'optimiser le couple offre/demande. Le niveau d'offre semble plutôt assuré par des normes (intervalles minimums au-dessus d'une valeur seuil par exemple). Du reste 26 lignes sur les 34 (76%) sont desservies par 6 ou 5 départs en période de pointe, quelque soit le niveau de la demande. La ligne 24 se démarque par le fait que son faible nombre de départs s'adapte finalement à la demande sur cette ligne. La ligne 9 se démarque encore par sa fréquentation supérieure à toutes les autres. L'écart entre le nombre de départs nécessaires et le nombre de départs opérés est agrandi par le choix de la période de pointe de 5 à 9h, les voyages partant à 5h étant très peu achalandés. Néanmoins, le passage de bus standards à planchers bas à

des véhicules de plus faible capacité, toutes choses étant égales par ailleurs, semblerait être envisageable d'après ces tableaux. En effet la capacité d'un minibus pouvant aller jusqu'à environ 30 passagers, cela équivaldrait à multiplier par 2 le nombre de départs nécessaires. Pour 29 lignes sur 34, le nombre de départs nécessaires resterait inférieur au nombre déjà opéré. Il faudrait tout de même vérifier dans le détail de chaque départ s'il n'y en a pas des particulièrement achalandés qui nécessiteraient un véhicule plus volumineux qu'un minibus.

L'étude des flots a permis de faire ressortir les points critiques du réseau, même si l'offre reste bien supérieure à la demande. Ainsi le réseau régional et en particulier la ligne 9 représente un vecteur majeur de déplacement, secondé par l'offre locale. Un lien relativement fort apparaît aussi entre le lieu de résidence des usagers et le territoire de desserte des lignes. Ceci est d'autant plus vrai pour les lignes locales. Cette corrélation, reliée au fait que nous avons alors l'opportunité d'estimer les ressources, en termes de réseau, consommées par chaque catégorie de clientèle, ne peut que nous intéresser à la question du partage du financement entre municipalités.

6.5 Part des Municipalités

Le transport en commun souffre d'un déficit chronique depuis les années 1970 en Amérique du Nord. Ce déficit est comblé par un financement public notamment des municipalités. Cette question est d'autant plus importante et épineuse dans un contexte d'association d'entités géopolitiques, donc fiscales, différentes, comme c'est le cas pour le CITL et la plupart des AOT de lointaine banlieue. La question du partage du financement entre les 15 municipalités est régie par une formule admise par les parties prenantes et dont un des éléments fait appel à l'utilisation faite par les résidents de l'offre de transport en commun. Dans cette partie du financement, la participation de chaque municipalité est proportionnelle à la part de cette municipalité dans le nombre de montants sur le réseau. Une enquête résidence à bord des bus a été mise sur pieds à l'automne 2010 par le CITL pour évaluer ces parts en enquêtant tous les départs effectués sur le réseau dans le but de connaître la municipalité des montants.

Le but de cette partie n'est pas de remettre en question le principe de partage du financement, mais, à la lumière des données déjà disponibles, d'offrir des éléments de discussions sur les différentes unités de partages possibles – le montant, le déplacement, la distance parcourue sur le réseau – et leurs impacts sur la répartition intermunicipale. Pour fin de comparaison, on se

limitera à la période de pointe afin de se donner une base temporelle fixe. On fixera aussi arbitrairement le montant de la somme à se diviser entre municipalités à 1 million de dollars. Ce n'est pas la somme réelle mais elle est du même ordre de grandeur.

6.5.1 Nombre de montants par municipalité

L'unité de partage de base utilisée actuellement est le «montant». Par l'enquête à bord (avec facteur d'expansion) on dispose d'une approximation du nombre de montants pour chaque municipalité (tableau 6.7). L'approximation est due à un taux de réponse de 60%, taux qui sera vraisemblablement plus élevé pour une enquête résidence. On considère pour la suite que cette approximation est satisfaisante pour établir une situation de référence.

Tableau 6.7 : Nombre de montants par municipalité et part de chaque municipalité d'après l'enquête à bord de 2008.

Zone	Municipalité	Nombre de montants	Part municipale
Centre	Blainville	638	16.17%
	Sainte-Thérèse	333	8.44%
	Boisbriand	311	7.88%
	Rosemère	242	6.13%
	Sainte-Anne-des-Plaines	238	6.03%
	Lorraine	211	5.35%
	Bois-des-Filions	158	4.01%
	Mirabel	142	3.60%
Nord	Saint-Jérôme	666	16.88%
Ouest	Saint-Eustache	640	16.22%
	Deux-Montagnes	184	4.66%
	Pointe-Calumet	83	2.10%
	Sainte-Marthe-sur-le-Lac	74	1.88%
	Saint-Joseph-du-Lac	20	0.51%
	Oka	5	0.13%
	TOTAL CITL	3945	100.00%
Extérieur	Laval/Montréal	336	
	Autres	183	
	NSP/Refus	11	
	TOTAL	4475	

Les membres extérieurs ne participent pas dans ce partage du financement, alors qu'ils comptent pour 530 montants (12%). Seulement 3 municipalités comportent plus de montants que les extérieurs. Avec cette méthode le poids d'une réponse est de $1\,000\,000/3945=243.5\$$.

6.5.2 Corrélation entre l'arrêt de montée et la municipalité de résidence

On a vu précédemment un certain lien entre la municipalité de résidence et le territoire de la ligne empruntée. Il serait alors intéressant de pousser l'étude de corrélation entre la résidence et la municipalité de l'arrêt de montée, afin de potentiellement réduire l'envergure des enquêtes résidences. L'unité de division serait encore le montant.

Les figures 6-18 et 6-19 représentent la fraction des montants de chaque municipalité à chaque arrêt à l'aide de diagramme en boîte spatialisés. La couleur de la municipalité est conservée entre le territoire et sa part du diagramme, même si elle est assombrie dans cette dernière pour des raisons de visibilité. La taille des boîtes correspond au nombre de montants à l'arrêt.



Figure 6-18 : Part de chaque municipalité dans l'achalandage aux arrêts en pointe du matin sur l'ensemble du territoire.

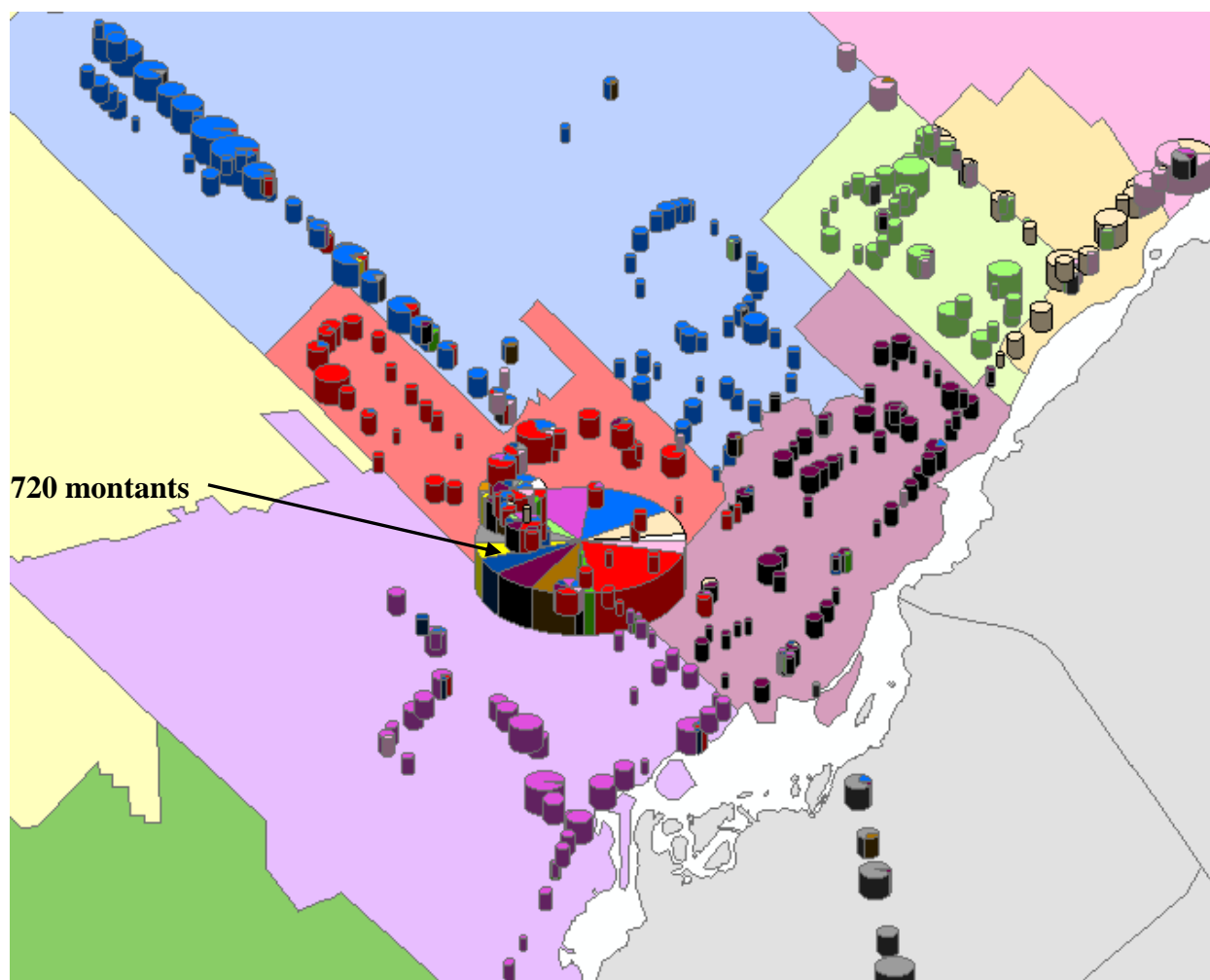


Figure 6-19 : Part de chaque municipalité dans l'achalandage aux arrêts en pointe du matin, zoom sur la zone Centre.

Ces deux représentations viennent confirmer la forte corrélation entre la municipalité des montants et la municipalité sur laquelle se trouve l'arrêt. Elles permettent aussi d'identifier les points problématiques qui sont en fait les terminaux importants identifiés dans la partie 6.3 (figure 6-8) auxquels on enlève la gare de Rosemère qui ne montre pas de problèmes de corrélation. Les pourcentages de montants résidant sur la municipalité de l'arrêt sont résumés par le tableau 6.8.

**Tableau 6.8 : Pourcentage des montants à l'arrêt issus de la même municipalité que l'arrêt.
Récapitulatif par municipalité.**

Zone	Arrêt	Achalandage total	Même municipalité
	Terminaux Importants	1384	48%
Territoire CITL	Gare de DMO	39	38%
	Terminus SEU	297	68%
	Gare intermodale SJM	230	76%
	Gare STR	597	20%
	CEGEP Lionel-Groulx	28	38%
Hors territoire	Métro Cartier	2	100%
	Terminus Montmorrency	192	54%
	Arrets de desserte	3090	87%
Centre	BDF	90	84%
	BLA	539	91%
	BOI	197	93%
	LOR	228	77%
	MIR	100	93%
	ROS	205	90%
	SAP	173	92%
	STR	215	76%
Nord	SJM	489	95%
Ouest	DMO	90	80%
	PCA	64	91%
	SEU	450	88%
	SJL	29	49%
	SML	51	88%
Hors territoire	TER	110	58%
	LVL	61	94%

Grâce à la donnée de ce tableau, il est possible de déterminer les endroits critiques à enquêter en fonction d'un seuil de tolérance que le CITL pourrait se fixer. À simple titre d'exemple, on peut fixer que si au moins 80% des montants proviennent de la même municipalité que leur arrêt de montée, la totalité de l'achalandage à cet arrêt est attribuée à la municipalité concernée. Dans le cas contraire la municipalité est enquêtée. Il ne resterait alors à enquêter que les municipalités de Lorraine, Sainte-Thérèse et Saint-Joseph-du-Lac, ainsi que la totalité des terminaux principaux.

En appliquant cette méthode, on peut alors établir un tableau de partage entre municipalités comme dans le cas précédent (tableau 6.9). On remarque que le nombre de montants est supérieur

à ce qui a été trouvé initialement. Ceci est du à l'internalisation dans la part des municipalités du CITL des montées effectuées par certains résidents extérieurs.

Tableau 6.9 : Nombre de montants par municipalité et part de chaque municipalité d'après le traitement par corrélation entre l'arrêt de montée et la municipalité de résidence des usagers.

Zone	Arrêt	Nombre de montants	Part municipale
Centre	BLA	671	16.89%
	BOI	311	7.83%
	STR	310	7.80%
	ROS	252	6.34%
	SAP	232	5.84%
	LOR	205	5.16%
	BDF	147	3.70%
	MIR	136	3.42%
Nord	SJM	686	17.27%
Ouest	SEU	680	17.12%
	DMO	160	4.03%
	PCA	85	2.14%
	SML	68	1.71%
	SJL	28	0.70%
	OKA	2	0.05%
TOTAL		3973	100.00%

L'avantage de cette méthode par rapport à celle déjà utilisée est d'alléger l'enquête résidence et éventuellement de pouvoir redistribuer l'argent ainsi économisé aux municipalités dont la participation aurait augmenté. L'inconvénient évident est l'internalisation d'une partie des extérieurs et l'existence d'une approximation plus grande sur les parts municipales.

6.5.3 Estimation des multiples comptages

Les deux méthodes précédentes proposaient un partage selon la même unité de division : le «montant». Cependant ce partage pourrait se faire selon une autre unité de division. Le nombre de déplacements effectué par les résidents des différentes municipalités est un candidat pertinent comme nouvelle unité de division. Cependant avec les techniques d'enquête actuelles, c'est-à-

dire l'enquête à bord ou une enquête résidence, on ne dispose pas du nombre déplacement directement. Celui-ci peut tout de même être estimé moyennant quelques approximations :

- On suppose l'enquête résidence ou l'enquête à bord réalisée la même journée afin de s'assurer qu'un déplacement est bien enquêté à chaque fois qu'il emprunte une nouvelle ligne.
- On suppose que le taux de correspondance entre deux lignes est caractéristique de ces deux lignes. Il est donc constant sur toute la période considérée et ne dépend pas de la municipalité d'origine. Il n'est cependant pas forcément symétrique.

Posons les notations suivantes :

- γ_{dk} le taux de correspondance entre la ligne d et la ligne k.
- N_{di} la charge sur la ligne d due aux résidents de i.
- $\Phi_i = \sum_d N_{di}$ le nombre total de montants sur l'ensemble du réseau qui résident sur la municipalité i.
- T_d le nombre de montants sur la ligne d.
- $\Pi = \sum_d T_d$ l'achalandage total sur tout le réseau
- $\tau_i = \frac{\sum_{d,k} \gamma_{dk} N_{di}}{\Phi_i}$ est le taux de montants de la municipalité i qui ont été enquêtés au moins deux fois.
- $\tau = \frac{\sum_{d,k} \gamma_{dk} T_d}{\Pi}$ est le taux de montants sur tout le réseau qui ont répondu au moins deux fois

Alors la part P_i d'une municipalité est donnée par l'expression :

$$P_i = \frac{\Phi_i - \sum_{k,d} \gamma_{dk} N_{d_i}}{\Pi - \sum_{k,d} \gamma_{dk} T_d}$$

soit

$$P_i = \frac{\Phi_i}{\Pi} \left(\frac{1 - \tau_i}{1 - \tau} \right)$$

En fait cela revient à estimer le nombre de premières montées en retranchant à l'achalandage de chaque ligne le nombre de montants qui proviennent d'autres lignes et qui ont donc déjà été comptabilisés. On obtient ainsi une division de l'achalandage selon le nombre de déplacements.

À ce stade il reste encore à dériver la matrice des γ_{dk} d'après l'enquête à bord. On rappelle qu'on se place ici en pointe du matin. Le taux de correspondance entre la ligne d et k est donc déterminé en prenant le nombre de montants sur la ligne k qui ont empruntés la ligne d auparavant qu'on divise par le nombre de montants sur la ligne d. La figure 6-20 représente une telle matrice. On remarque qu'elle est essentiellement vide, et que des blocs géographiques (zone Nord, zone Centre et zone Ouest) ressortent.

d / k	1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	15	17	19	20	21	22	23	24	27	28	51	52	61	62	80	88	89	90	91	92	93
1	0.000	0.053	0.037	0.000	0.000	0.043	0.000	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
2	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000	0.052	0.000	0.126	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
3	0.012	0.018	0.000	0.048	0.000	0.000	0.000	0.043	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
4	0.009	0.019	0.000	0.000	0.009	0.000	0.000	0.037	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
5	0.000	0.000	0.028	0.423	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
7	0.000	0.000	0.000	0.026	0.000	0.000	0.000	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
9	0.001	0.006	0.000	0.005	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.007	0.004	0.000	0.009	0.000	0.000	0.021	0.003	0.004	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
11	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.035	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	0.040	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
12	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
21	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.105	0.000	0.046	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
22	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.184	0.000	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.111	0.015	0.000	0.000	0.029	0.010	0.016	0.012	0.000	0.029	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
23	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.096	0.000	0.049	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.007	0.006	0.010	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
24	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
27	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.111	0.000	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.088	0.000	0.000	0.000	0.000	0.032	0.007	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
28	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
51	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.152	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.044	0.049	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
52	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.130	0.000	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
61	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.093	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
62	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.050	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
88	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.063	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.031	0.000	0.005	0.000	0.000	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
89	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.041	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.065	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
91	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
92	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.051	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
93	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.126	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

S

Figure 6-20 : Matrice des coefficients de correspondance entre les différentes lignes du CITL.

Il est alors possible, grâce à la matrice de correspondance et à la formule établie de mettre au point le tableau de partage entre municipalités comme pour les méthodes précédentes. Ce partage est récapitulé par le tableau 6.10.

Tableau 6.10 : Estimation du nombre de déplacements par municipalité et part de chaque municipalité d'après ce traitement.

Zone	Arrêt	Nombre de montants	Nombre de comptages multiples	Nombre de déplacements	Part municipale
Centre	BLA	638	67	570	16.83%
	BOI	311	61	250	7.38%
	STR	333	38	295	8.70%
	ROS	242	34	208	6.14%
	SAP	238	34	205	6.04%
	LOR	211	30	182	5.37%
	BDF	158	36	122	3.59%
	MIR	142	13	128	3.79%
Nord	SJM	666	100	565	16.68%
Ouest	SEU	640	89	550	16.24%
	DMO	184	30	153	4.53%
	PCA	83	10	73	2.16%
	SML	74	10	64	1.89%
	SJL	20	2	18	0.53%
	OKA	5	1	4	0.13%
TOTAL		3945	556	3389	100.00%

L'avantage de cette méthode par rapport à la méthode de référence est d'éviter d'attribuer un surcout aux municipalités dont les résidents sont obligés de faire plus de correspondances en moyenne pour atteindre leur destination. En effet les usagers résidents de telles municipalités s'acquittent déjà d'un surcout en pénibilité et en temps de correspondance. L'inconvénient est que ces usagers utilisent le service plus intensément et que cette intensité n'est plus prise en compte.

6.5.4 Part des municipalités selon leur consommation du réseau

La méthode précédente de partage se basait sur une unité de division qui était le déplacement. Mais tous les déplacements ne sont pas comparables en termes de ressources à investir pour les

permettre. Cette distinction aboutit généralement à une comparaison en termes de passagers-km consommés par chaque partie afin de différencier l'utilisation que ces parties font du réseau. Le passage aux passagers-km a été rendu possible par l'imputation de l'arrêt de descente comme expliqué en 6.4. Le tableau de partage selon les municipalités peut alors être déduit directement de la base d'enquête à bord en sommant les passagers-km par municipalité.

Tableau 6.11 : Nombre de passagers-km par municipalité et part de chaque municipalité.

Zone	Arrêt	Nombre de passagers-km	Part municipale
Centre	BLA	6696	18.03%
	BOI	2602	7.01%
	STR	3054	8.22%
	ROS	853	2.30%
	SAP	3890	10.48%
	LOR	1635	4.40%
	BDF	1537	4.14%
	MIR	2026	5.46%
Nord	SJM	5653	15.22%
Ouest	SEU	6238	16.80%
	DMO	1362	3.67%
	PCA	851	2.29%
	SML	532	1.43%
	SJL	137	0.37%
	OKA	68	0.18%
	TOTAL	37134	100.00%

L'ordre décroissant en fonction du nombre de montants à été conservé. On peut déjà remarquer qu'il n'est plus respecté ici. Cette méthode de partage sera sans doute celle qui impliquera le plus de différences.

L'avantage de cette méthode est d'être la plus proche de ce que la demande coûte vraiment à l'offre pour être satisfaite. En effet la mesure des passagers-km correspond à une intensité d'utilisation du réseau et les coûts pour l'opérateur sont plus liés au nombre de passagers-km totaux à transporter qu'à un nombre brut de montants. Cependant ceci reporte la charge la plus lourde sur les municipalités les plus éloignées, qui souffrent peut-être de phénomènes d'exclusion

spatiales et dont les résidents dépensent déjà le plus en temps de parcours. En outre des kilomètres inutiles imposés à certains usagers par, notamment, des structures en boucles leur seront imputés au niveau de leur fiscalité.

6.5.5 Comparaison des différentes méthodes de comptage et impact sur la part des municipalités

Après avoir détaillé quatre méthodes de calcul de la part de chaque municipalité dans la demande de transport, il est intéressant de comparer leur impact sur le pourcentage de contribution de chaque municipalité (tableau 6.12) et sur la participation monétaire de chaque municipalité (tableau 6.13). Le tableau 6.14 permet lui de caractériser la variabilité des gains algébriques obtenus par les différentes méthodes afin d'estimer la sensibilité de la formule de partage à l'application de méthodes différentes.

Tableau 6.12 : Variation des Parts municipales selon les quatre méthodes de calcul présentées.

Zone	Municipalité	Parts municipales				Variation dans les parts		
		Référence : méthode par nombre de montants	Méthode par corrélations	Méthode par déplacements	Méthode par Pass-km	Méthode par corrélations	Méthode par déplacements	Méthode par Pass-km
Centre	Blainville	16.17%	16.89%	16.83%	18.03%	0.72%	0.66%	1.86%
	Sainte-Thérèse	8.44%	7.83%	7.38%	7.01%	-0.61%	-1.06%	-1.43%
	Boisbriand	7.88%	7.80%	8.70%	8.22%	-0.08%	0.82%	0.34%
	Rosemère	6.13%	6.34%	6.14%	2.30%	0.21%	0.00%	-3.84%
	Sainte-Anne-des-Plaines	6.03%	5.84%	6.04%	10.48%	-0.19%	0.01%	4.44%
	Lorraine	5.35%	5.16%	5.37%	4.40%	-0.19%	0.02%	-0.95%
	Bois-des_Filions	4.01%	3.70%	3.59%	4.14%	-0.31%	-0.42%	0.13%
	Mirabel	3.60%	3.42%	3.79%	5.46%	-0.18%	0.19%	1.86%
Nord	Saint-Jérôme	16.88%	17.27%	16.68%	15.22%	0.38%	-0.20%	-1.66%
Ouest	Saint-Eustache	16.22%	17.12%	16.24%	16.80%	0.89%	0.02%	0.58%
	Deux-Montagnes	4.66%	4.03%	4.53%	3.67%	-0.64%	-0.14%	-1.00%
	Pointe-Calumet	2.10%	2.14%	2.16%	2.29%	0.04%	0.05%	0.19%
	Sainte-Marthe-sur-le-Lac	1.88%	1.71%	1.89%	1.43%	-0.16%	0.02%	-0.44%
	Saint-Joseph-du-Lac	0.51%	0.70%	0.53%	0.37%	0.20%	0.02%	-0.14%
	Oka	0.13%	0.05%	0.13%	0.18%	-0.08%	0.00%	0.06%
	TOTAL CITL	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Tableau 6.13 : Variation des contributions monétaires de chaque municipalité selon les quatre méthodes de calcul présentées.

Zone	Municipalité	Parts municipales				Variation dans les parts			Variation relative dans les parts		
		Référence : méthode par nombre de montants	Méthode par corrélations	Méthode par déplacements	Méthode par Pass-km	Méthode par corrélations	Méthode par déplacements	Méthode par Pass-km	Méthode par corrélations	Méthode par déplacements	Méthode par Pass-km
Centre	Blainville	\$161 724	\$168 890	\$168 337	\$180 319	\$7 166	\$6 613	\$18 595	4.4%	4.1%	11.5%
	Sainte-Thérèse	\$84 411	\$78 278	\$73 799	\$70 065	-\$6 132	-\$10 611	-\$14 346	-7.3%	-12.6%	-17.0%
	Boisbriand	\$78 834	\$78 027	\$87 018	\$82 236	-\$807	\$8 184	\$3 402	-1.0%	10.4%	4.3%
	Rosemère	\$61 343	\$63 428	\$61 382	\$22 975	\$2 085	\$39	-\$38 368	3.4%	0.1%	-62.5%
	Sainte-Anne-des-Plaines	\$60 330	\$58 394	\$60 382	\$104 762	-\$1 935	\$52	\$44 432	-3.2%	0.1%	73.6%
	Lorraine	\$53 485	\$51 598	\$53 682	\$44 017	-\$1 887	\$196	-\$9 469	-3.5%	0.4%	-17.7%
	Bois-des-Filions	\$40 051	\$37 000	\$35 889	\$41 400	-\$3 051	-\$4 162	\$1 349	-7.6%	-10.4%	3.4%
	Mirabel	\$35 995	\$34 231	\$37 861	\$54 563	-\$1 764	\$1 866	\$18 568	-4.9%	5.2%	51.6%
Nord	Saint-Jérôme	\$168 821	\$172 665	\$166 827	\$152 241	\$3 844	-\$1 994	-\$16 580	2.3%	-1.2%	-9.8%
Ouest	Saint-Eustache	\$162 231	\$171 155	\$162 431	\$167 994	\$8 925	\$200	\$5 763	5.5%	0.1%	3.6%
	Deux-Montagnes	\$46 641	\$40 272	\$45 280	\$36 670	-\$6 369	-\$1 361	-\$9 972	-13.7%	-2.9%	-21.4%
	Pointe-Calumet	\$21 039	\$21 394	\$21 567	\$22 907	\$355	\$527	\$1 868	1.7%	2.5%	8.9%
	Sainte-Marthe-sur-le-Lac	\$18 758	\$17 116	\$18 911	\$14 323	-\$1 642	\$153	-\$4 435	-8.8%	0.8%	-23.6%
	Saint-Joseph-du-Lac	\$5 070	\$7 048	\$5 318	\$3 702	\$1 978	\$248	-\$1 367	39.0%	4.9%	-27.0%
	Oka	\$1 267	\$503	\$1 317	\$1 827	-\$764	\$49	\$559	-60.3%	3.9%	44.1%
	TOTAL CITL	\$1 000 000	\$1 000 000	\$1 000 000	\$1 000 000	\$0	\$0	\$0	0.0%	0.0%	0.0%

Tableau 6.14 : Variabilité des parts et de leur variation selon les quatre méthodes de calcul présentées.

Méthode	Parts municipales		Variation des parts	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
Référence : méthode par nombre de montants	\$66 667	\$55 938		
Méthode par corrélations	\$66 667	\$58 700	\$0	\$4 276
Méthode par déplacements	\$66 667	\$56 584	\$0	\$4 229
Méthode par Pass-km	\$66 667	\$59 247	\$0	\$18 667

Ces trois tableaux permettent de tirer les enseignements suivants :

- Les variations absolues des parts selon les méthodes par corrélation et par déplacements sont comprises entre +1% et -1% ce qui assure que les variations monétaires ne dépassent pas $\pm 10\,000\$$. La dernière méthode implique des variations nettement plus grandes, atteignant les $44\,000\$$ de surplus à payer pour Sainte-Anne-des-Plaines. Les fortes variations relatives ne touchent plus uniquement les plus petits payeurs mais aussi les plus gros participants, ce qui explique ces fortes variations absolues.
- Les variabilités des variations selon les méthodes par corrélation et par déplacements sont comparables : elles se situent autour de $\pm 4\,000\$$ de variations. La dernière méthode, elle

induit des variations de plus grandes amplitudes : $\pm 19\,000\$$ environ de variation. Ceci se traduit en variation de budget municipal par une différence de $\pm 6\%$ en moyenne selon les méthodes par corrélation et par déplacements et par une variation de $\pm 28\%$ en moyenne pour la méthode de partage des passagers-km. Un changement de politique vers cette méthode de partage impliquerait des perturbations de budget liées au transport en commun conséquentes. La formule de partage est donc très sensible au passage des montants aux passagers-km.

- Certaines municipalités profitent dans tous les scénarii de changement de politique de partage, comme c'est le cas pour Sainte-Thérèse ou Deux-Montagnes. D'autres municipalités, comme Blainville, Saint-Eustache ou Pointe-Calumet sont au contraire toujours perdantes. Dans tous les cas un changement reste complexe, car les bénéfices de certains se font nécessairement au détriment des autres participants.

Le but de cette discussion sur différentes méthodes de partages n'est pas de promouvoir une modification de méthode. Ce changement aussi fondamental ne peut être effectué qu'au plus haut niveau décisionnel. Cependant ceci montre que l'outil que sont les enquêtes à bord se montre capable d'aborder des questions aussi complexes que la décision de partage budgétaire. De telles enquêtes peuvent aussi bien aider à paramétrer des méthodes de mesure, comme par exemple de la municipalité de résidence, que d'aider à choisir un objet d'étude différent (montants, déplacement, déplacement et sa longueur,...).

Ce chapitre 6 a déployé des traitements très variés qui ont analysé successivement des aspects tout aussi variés de la demande de transport en lointaine banlieue. L'étude de la clientèle a permis de faire ressortir le fait que le transport en commun par bus en lointaine banlieue est le fait d'une cohorte très particulière de la population : les étudiants de 15 à 24ans. L'analyse spatialisée des générateurs a permis de décrire le système d'activité du territoire du CITL. Si les résidences des étudiants usagers du transport en commun sont dispersées, leurs destinations sont elles au contraire concentrées sur les quelques institutions scolaires ou universitaires. À l'inverse les travailleurs usagers du CITL ont des habitats plus concentrés mais leurs destinations sont plus diffuses. L'étude de l'accès par la distribution des distances d'accès à montré des comportements d'accès différents du milieu urbain avec des distances buffers allongées autour des arrêts. Un chargement simple sur le réseau sans utilisation de simulations complexes a aussi été déployé

grâce à l'enquête à bord. Cette même enquête a ensuite permis d'ouvrir des possibilités de questionnements sur la problématique épineuse du partage du financement. Si ce chapitre peut paraître disparate dans ses traitements, le fil directeur a été l'utilisation de l'outil qu'est l'enquête, paramétrée par des données de perception, et de montrer tout son potentiel dans l'étude d'un contexte particulier qui est ici la lointaine banlieue. Dans cet environnement, ce type de données constitue en général le seul ensemble de données qui permet de faire de telles analyses avec autant de finesse. L'enquête a alors apporté un certain nombre d'éclaircissements sur le portrait de la demande en lointaine banlieue, ce qui en fait un outil de planification de choix.

CONCLUSION

La motivation initiale de ce mémoire a été d'aborder un milieu complexe et généralement peu étudié du transport en commun. Dans la littérature nord-américaine, la lointaine banlieue est seulement mentionnée dans sa dimension «commuter belt», c'est-à-dire dans son lien pendulaire au Centre-ville. Le support de ce lien se réduit souvent même aux infrastructures métropolitaines lourdes de transport (métro, train, autoroutes). Malgré ce manque, la question de la planification du transport en lointaine banlieue n'en est pas moins importante et nécessite une adaptation des notions communément admises dans le milieu urbain. Le but, et l'originalité, de ce mémoire a donc été de soulever les particularités de la lointaine banlieue en matière de transport en commun, tout en faisant la démonstration d'approches méthodologiques adaptées à ce milieu d'étude particulier et peu abordé, la base de ces approches étant les ensembles de données. Ces méthodes, profitant de la culture informationnelle et désagrégée du transport à Montréal, se démarquent de l'approche synthétique généralement utilisée lorsqu'est adressée la question du transport en milieu rural.

Pour cela, le cheminement suivant a été suivi. Après une brève introduction bibliographique (Chapitre 1), le Chapitre 2 a dressé un portrait de l'environnement qu'est la lointaine banlieue. Du point de vue du territoire et de sa dynamique, il a été trouvé que l'espace est très fragmenté par de grandes variations entre les densités. Ces densités se sont développées par vagues autour du réseau autoroutier. Un territoire aussi réticulaire peut nécessiter l'introduction d'une nouvelle métrique basée sur le réseau routier. L'étude de la population résidente a permis de confirmer le mythe de la «suburb» nord-américaine peuplée de familles plus largement motorisées que dans le reste de la métropole. L'utilisation du transport en commun est alors marginale, elle est même moins forte que le bus scolaire ou la marche et le vélo. Cependant le marché des déplacements n'est pas entièrement tourné vers le Centre-ville. Si celui-ci tient tout de même une part importante, surtout dans les déplacements pour motif travail, il est possible de définir des zones ayant une autonomie en paires origine-destination comparable aux arrondissements du centre de l'île de Montréal, ce qui suggère un besoin de desserte locale à l'intérieur de ces zones.

Le chapitre 3 s'est intéressé à l'offre de service par autobus en lointaine banlieue. Cinq groupements de lignes ont été réalisés selon des critères de service et de desserte. Ceci a permis

de faire ressortir l'héritage des anciennes lignes interurbaines dans l'ossature régionale de l'offre de transport en commun. Un effort de desserte locale vient se rajouter dans les deux secteurs qui se rapproche le plus de villes indépendantes (Saint-Jérôme et Saint-Eustache/Deux-Montagnes). Le visage de l'offre de service est très proche de celui de la ligne en boucle, même pour les lignes bidirectionnelles. Les parcours sont la plupart du temps empruntés par un ou deux véhicules qui enchaînent «en boucle» les allers et les retours, sans adaptation de l'offre à la demande. Cet aspect du transport en commun diffère largement de sa conception urbaine.

Le chapitre 4 a fait état des possibilités d'utilisation de données de perception les plus simples (transactions horaires sans supports identifiés) afin d'appréhender la variabilité de la demande. Une grande régularité du Lundi au Jeudi a été relevée. En outre une affectation spatiale de ces données a été réalisée selon l'horaire planifié. Malgré quelques incertitudes, cette approche a permis d'identifier les points critiques du réseau et de soulever des différences de morphologie entre l'activité sur le réseau le matin et le soir. Le matin il s'agit plutôt d'une situation de ramassage avec des montées réparties sur tout le territoire, alors que le soir l'essentiel de l'activité se fait au niveau des grands générateurs de déplacement.

Le chapitre 5 a détaillé l'outil méthodologique qu'est l'enquête à bord des bus. Cet outil est particulièrement adapté à l'étude de petits systèmes de transports où l'on cherche principalement une caractérisation par ligne. On a aussi cherché des moyens d'enrichir réciproquement les données d'enquête et les données de perception. Les données de perception ont ainsi permis l'expansion de l'enquête à bord alors que l'enquête à bord pourrait permettre d'obtenir la localisation des données de perception. Cependant, la comparaison des séquences de titres s'est avérée très difficile et il y a aussi une certaine incertitude quant à la localisation des montées d'après l'enquête.

Finalement, le chapitre 6 aborde l'analyse de la demande de transport en commun d'après l'enquête à bord. En abordant des thèmes très variés, ce chapitre a permis de faire état des nombreuses possibilités qu'offre l'outil enquête à bord. Un portrait sociodémographique des usagers a identifié les étudiants de 15-24 ans comme la clientèle principale. Une étude des générateurs a confirmé les «points chauds» obtenus par le traitement spatial des GFI, tout en leur apportant une fonction dérivée du motif des déplacements. L'étude de l'accès a permis de montrer une différence d'échelle avec l'accessibilité communément admise en milieu urbain.

Enfin un chargement simple, sans le biais de simulations complexes de réseau, a été réalisé à partir de l'enquête. Cette opération a nécessité la déduction de l'arrêt de descente le plus probable. Enfin, l'étude de la question du partage entre municipalité a permis de montrer l'enquête comme outil d'expérimentation en vue de développer d'autres enquêtes ou d'établir de nouvelles normes d'organisation.

L'éventail de questionnements abordés par ce mémoire permet d'apporter un certain nombre d'éclaircissements sur la question du transport en commun en lointaine banlieue. Cependant certaines préoccupations restent en suspens. Tout d'abord, il aurait été intéressant de posséder une évolution historique du réseau routier métropolitain pour l'ensemble des rues et non pour les seules autoroutes. Ensuite, la hiérarchisation des segments routiers d'après Statistiques Canada est un mélange de classement juridictionnel et de classement par importance. Ce mélange rend une généralisation de la méthode plus compliquée. Il aurait été appréciable de disposer d'éléments quantitatifs sur les axes routiers (nombre de voies, chaussées séparées, largeur,...) permettant des regroupements physiquement plus pertinents. Du point de vue de l'étude de l'offre, l'application des groupements effectués aux autres CIT ou OMIT aurait aussi été d'un grand intérêt. D'une part elle aurait permis d'affiner la délimitation entre les groupes en offrant beaucoup plus de données, d'autre part, elle aurait autorisé éventuellement à dégager ce qui est spécifique au CITL lui-même de ce qui est spécifique à la lointaine banlieue. Une comparaison avec le service à Montréal aurait aussi été pertinente pour illustrer les correspondances et les dissonances entre les deux types de réseau. Ensuite, dans l'étude de la variabilité de la demande, il aurait été intéressant de disposer de plusieurs semaines pour identifier l'existence de différences caractéristiques entre les différents jours de la semaine. L'affectation spatiale des transactions aurait aussi pu être améliorée par les regroupements de transactions en fonction de leur écart temporel. En outre il aurait été intéressant de pousser la comparaison des séquences de titres afin de mettre au point une procédure d'association automatique, qui pourrait par exemple être appliquée à l'enquête résidence de 2010 et aux données de carte à puce du CITL, afin d'associer ces deux ensembles de données dans le but d'obtenir une journée moyenne de semaine «parfaite». Enfin un élément d'ouverture important est la comparaison des résultats de l'enquête à bord avec ceux de l'enquête Origine-Destination métropolitaine aussi menée en 2008. Il aurait ainsi été possible d'apprécier le degré d'erreur de cette dernière et savoir jusqu'à quel point on peut se satisfaire de ses conclusions dans le cadre de la lointaine banlieue.

La lointaine banlieue n'a pas encore livré tous ses secrets et de nombreuses études peuvent encore étayer cette approche. Avoir une bonne connaissance de cet environnement est capital pour lui attribuer une modélisation propre dans l'emboîtement d'échelle qu'est la problématique plus vaste de la planification des transports au niveau métropolitain.

BIBLIOGRAPHIE

- Agence Métropolitaine de Transport. (2010). *Enquête Origine-Destination 2008. La mobilité des personnes dans la région de Montréal. Faits Saillants*. Montréal. Consulté le 20 octobre 2010, tiré de <http://www.enquete-od.qc.ca/faitssailants.asp>
- Ahmed, N., & Miller, H. J. (2007). Time-space transformations of geographic space for exploring, analyzing and visualizing transportation systems. *Journal of Transport Geography*, 15(1), 2-17.
- Ahmed, Q. I., Lu, H., & Ye, S. (2008). Urban transportation and equity: A case study of Beijing and Karachi. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42(1), 125-139.
- Andersen, J. L. E., & Landex, A. (2009 July 13-17). Gis-based Approaches to Catchment Area Analyses of Mass Transit. *ESRI International User Conference, San Diego, California*.
- Barry, J., Freimer, R., & Slavin, H. (2009). Use of Entry-Only Automatic Fare Collection Data to Estimate Linked Transit Trips in New York City. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2112(-1), 53-61.
- Candillier, L. (2006). *Contextualisation, visualisation et évaluation en apprentissage non supervisé* (PhD, Université Charles de Gaulle - Lille 3, Lille).
- Cervero, R., & Kockelman, K. (1997). Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2(3), 199-219.
- Chapleau, R. (1987). L'insertion technologique dans la planification des transports urbains : le syndrome impérial. *22e Congrès Annuel de l'AQTR, Québec*.
- Chapleau, R. (1992a). La modélisation de la demande de transport urbain avec une approche totalement désagrégée. *World Conference on Transportation Research, Lyon*.
- Chapleau, R. (1992b). Profil socio-économico-démographique du métro de Montréal : Anatomie de la ville dans le voisinage du métro. *27ème Congrès Annuel de l'AQTR, Sherbrooke*.
- Chapleau, R. (1993). Une carte d'utilisation du sol dérivée d'une enquête Origine-Destination. *28e Congrès de l'AQTR, Ste-Adèle*.
- Chapleau, R. (1998). Free-wheeling urban mobility: a question of densities, motorization, employment and transit decline. *World Conference on Transportation Research, Anvers, Belgique*.
- Chapleau, R., Allard, B., Trépanier, M., & Morency, C. (2001). Les logiciels d'enquête transport comme instruments incontournables de la planification analytique. *Recherche - Transports - Sécurité*, 70, 59-77.
- Chapleau, R., Bergeron, D., & Trépanier, M. (1994). Projection de la demande de transport des personnes à un horizon de 20 ans. *29ème Congrès Annuel de l'AQTR, Valleyfield*.
- Chapleau, R., & Morency, C. (2000a). Impacts et stratégies organisationnelles pour faire face aux nouveaux enjeux métropolitains pour le transport péri-urbain. *6e Colloque Annuel de l'association des CIT*.

- Chapleau, R., & Morency, C. (2000b). Relations Floues entre Réseaux de Transport et Étalement Urbain. *35e Congrès Annuel de l'AQTR, Québec*.
- Chapleau, R., & Piché, D. (2009). AGIRAS-TU: Approche Globale Intégrée de Recherche et d'Analyse Systémique du Transport Urbain. *44e Congrès annuel de l'Association québécoise du transport et des routes, Montréal*.
- Chicago Area Transportation Study. (1959, 1960, 1962). *Chicago Area Transportation Study: Final Report*. Chicago.
- Chu, K. K., & Chapleau, R. (2010). Augmenting Transit Trip Characterization and Travel Behavior Comprehension with Multiday Location-Stamped Smart Card Transactions. *89th Annual Meeting of the transportation research board, Washington, D.C.*
- Demetsky, M. J., & Lin, B. (1982). Bus stop location and design. *Transportation Engineering Journal of ASCE*, 108, 313-327.
- Desharnais, M.-C. (2009). *Caractérisation objective de la demande de transport adapté* (M.Sc.A., Ecole Polytechnique de Montréal).
- Farzine, J. (2008). Constructing an Automated Bus Origin-Destination Matrix Using Farecard and Global Positioning System Data in São Paulo, Brazil. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2072, 30-37.
- Frank, L. D., & Pivo, G. (1994). Impacts of Mixed Use and Density on Utilization of Three Modes of Travel: Single-Occupant Vehicle, Transit, and Walking. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1466, 44-52.
- Hägerstrand, T. (1970). What about people in regional science? *Papers of the Regional Science Association*, 24, 7-21.
- Kwan, M., & Lee, J. (2003). Geovisualization of Human Activity Patterns Using 3D GIS: A Time-Geographic Approach. In M. F. Goodchild & D. G. Janelle, (Éds.), *Spatially Integrated Social Science Examples in Best Practice* (pp. 48-66): Oxford University Press.
- Levine, N. (2010). *CrimeStat: A Spatial Statistics Program for the Analysis of Crime Incident Locations* (v 3.3): Ned Levine & Associates, Houston, TX
- the National Institute of Justice, Washington, DC.
- Lipman, B. J. (2006). *A Heavy Load : The Combined Housing and Transportation Burdens of Working Families*. Washington, D.C.: Center for Housing Policy.
- Litman, T. (2008). *Evaluating Accessibility for Transportation Planning*. Victoria, BC, Canada: Victoria Transport Policy Institute.
- Litman, T. (2009). *Socially Optimal Transport Prices and Markets*. Victoria, BC, Canada: Victoria Transport Policy Institute.
- Maertens, K. (2006). Basing Transport Planning on Principles of Social Justice. *Berkley Planning Journal*, 19.
- Mees, P. (2009). Density and transport mode choice in Australian, Candian and US cities. *Australasian transport research forum (ATRF)*.
http://www.patrec.org/web_docs/atrf/papers/2009/1748_paper10-Mees.pdf

- Miller, H. J. (2005a). A Measurement Theory for Time Geography. *Geographical Analysis*, 37(1), 17-45.
- Miller, H. J. (2005b). Social exclusion in space and time. In *Moving through Nets: The Social and Physical Aspects of Travel*: Elsevier.
- Miller, H. J., & Wu, Y.-H. (2000). GIS Software for Measuring Space-Time Accessibility in Transportation Planning and Analysis. *GeoInformatica*, 4(2), 141-159.
- Morency, C. (2004). *Contributions à la modélisation totalement désagrégée des interactions entre mobilité urbaine et dynamiques spatiales* (Ph. D, École polytechnique, Montréal).
- Morency, C., Trépanier, M., & Agard, B. (2006). *Analysing the variability of transit users behaviour with smart card data*. Paper presented at the Intelligent Transportation Systems Conference, Toronto, Canada.
- Neutens, T., Van de Weghe, N., Witlox, F., & De Maeyer, P. (2008). A three-dimensional network-based space-time prism. *Journal of Geographical Systems*, 10(1), 89-107.
- Newman, P., & Kenworthy, J. (1989). *Cities and Automobile Dependence : An International Sourcebook*. Aldershot, UK: Gower.
- Ozbil, A., Peponis, J., & Bafna, S. (2009). The effects of Street Configuration on Transit Ridership. *7th International Space Syntax Symposium, Stockholm*.
- Pendyala, R. M., Kitamura, R., & Kikuchi, A. (2004). FAMOS: the Florida Activity Mobility Simulator. *Conference on "Progress in Activity-Based Analysis", Maastricht (Pays-Bas)*.
- Pendyala, R. M., & Ubaka, I. (2000). Development of short-term operational planning model for transit service analysis. *Transportation Research Record(Compendex)*, 43-50.
- Peponis, J., Allen, D., French, S., Scoppa, M., & Brown, J. U. (2007). Street connectivity and urban density: spatial measures and their correlation. *6th International Space Syntax Symposium, Istanbul*.
- Rafiee, P. (2009). *Caractérisation systémique des corridors de transport en commun* (Master, École Polytechnique, Montréal).
- Rakotomalala, R. (2005). *TANAGRA : un logiciel gratuit pour l'enseignement et la recherche: RNTI-E-3*.
- Reddy, A., Lu, A., Kumar, S., Bashmakov, V., & Rudenko, S. (2009). Entry-Only Automated Fare-Collection System Data Used to Infer Ridership, Rider Destinations, Unlinked Trips, and Passenger Miles. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2110(-1), 128-136.
- Shaw, S.-L., & Yu, H. (2008). A GIS-based Time-geographic Framework for Spatio-temporal Analysis of Individual Activities and Interactions. *3rd Meeting on ICT, Bristol, UK*.
- Simard, S., Springate, E., & Casello, J. M. (2009). *The Development and Deployment of GIS Tools to Facilitate Transit Network Design and Operational Evaluation*. Paper presented at the Transportation Research Board 89th Annual Meeting, Washington, D.C.
- Spillard, R. J., & Rutherford, G. S. (1990). The Effects of Population Density and Income on Per Capita Transit Ridership in Western American Cities. *ITE 1990 Compendium of Technical Papers* (pp. 327-331) Institute of Transportation Engineers.

- Statistique Canada. (2006a). *Dictionnaire du Recensement de 2006*. Consulté le 4 septembre 2010, tiré de <http://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2006/ref/dict/pdf/92-566-fra.pdf>
- Statistique Canada. (2006b). *Fichier du réseau routier et des attributs géographiques, guide de référence*. Consulté le 5 novembre 2010, tiré de <http://geodepot.statcan.gc.ca/2006/180506051805140305/06180505162102/92-155-G2006001-fra.pdf>
- TRB. (2003). *Transit Capacity and Quality of Service Manual: Second Edition* (pp. 624 p.): Transportation Research Board.
- Trépanier, M., Agard, B., & du Parc, N. (2009). Études des générateurs de déplacement à l'aide de données de cartes à puces. *44e congrès de l'Association Québécoise du Transport et des Routes, Montréal*.
- Vuchic, V. (2005). *Urban Transit: Operations, Planning, and Economics*.: Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- Vuchic, V. (2007). *Urban Transit Systems and Technology*.: Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- Wibowo, S. S., & Chalermpong, S. (2010). Characteristics of Mode Choice within Mass Transit Catchment Area. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 8, 1261-1274.